Physiologie





Oestreich's Compendium

der

Physiologie des Menschen.

Zweite, gänzlich umgearbeitete Auflage

von

Dr. Paul Schultz.



Oestreich's
Compendium
der
Physiologie des Menschen.

Für Studirende und Aerzte.

Zweite, gänzlich umgearbeitete Auflage

von

Dr. Paul Schultz,
Assistenten am kgl. physiologischen Institut der Universität Berlin.

Mit 37 Abbildungen im Text und einer lithogr. Tafel.



Berlin 1898
Verlag von S. KARGER
Karlstrasse 15.

Druck von Albert Koenig in Guben.



Vorwort zur zweiten Auflage.

Der an mich ergangenen Bitte des Verfassers, die Bearbeitung der zweiten Auflage des vorliegenden Compendiums zu übernehmen, mochte ich mich nicht entziehen. Aus der Bearbeitung ist freilich ein fast völlig neues Buch hervorgegangen.

Da der Inhalt eines solchen Compendiums nur die bekannten, feststehenden Lehren der Physiologie umfassen darf, da er mithin in jedem Betracht ein gegebener ist, so kann sich die Thätigkeit des Autors lediglich auf die Auswahl und Anordnung des Stoffes erstrecken. Und in dieser Beziehung waren meine Ansichten doch zu abweichend, um sich als blosse Verbesserungen der ersten Auflage einzufügen. Ich entschloss mich daher kurz, meinen eigenen Weg zu wandeln. Ich habe dabei den ganzen Inhalt in Kapitel angeordnet, entsprechend den Themata, die die Prüfungsordnung für das Staatsexamen vorschreibt. Wo es sich, wie im vorliegenden Fall, nicht um organischen Zusammenhang oder einheitliche Darstellung handelt, halte ich diese Einteilung des ganzen Stoffes für die zweckmässigste.

Ob es freilich nützlich ist, dem Zug der Zeit nach Lichtstrahlensammlungen und Compendien zu fröhnen, kann mit Recht bezweifelt werden. Das aber ist jedenfalls für mich unzweifelhaft, und das möchte ich denen, die das vorliegende Büchlein benützen, ausdrücklich ans Herz legen: dass durch das Auswendiglernen der mitgeteilten dürftigen Data nimmermehr der Besuch des Collegs oder das Studium eines grösseren Lehrbuches, deren wir bereits vortreffliche haben, irgendwie ersetzt werden kann. So wenig, wie eine Landkarte uns eine anschauliche Vorstellung von Bergen, Thälern, Wäldern und Flüssen geben, so wenig wie das Verfolgen einer Route auf ihr uns den Genuss der frischen, fröhlichen Fusswanderung ersetzen kann.

Den Herren, die teils mit ihrem Rat, teils mit Durchsicht des Manuskriptes und der Correkturen mich zu unterstützen die Güte hatten, sage ich an dieser Stelle meinen besten Dank; ebenso der Verlagsbuchhandlung, die sich für eine würdige Ausstattung des Büchleins bemüht hat.

Die Zeichnungen sind von der bewährten und geschickten Hand des Frl. Günther angefertigt.

Berlin, Juni 1898.

Dr. P. Schultz.

Inhaltsverzeichnis.



Einleitung.

Der Begriff der Physiologie.

Unter Physiologie (dem Namen nach Naturlehre) versteht man heut die Lehre von den Verrichtungen belebter Wesen, Organismen, der Tiere und der Pflanzen; man hat sie daher auch genannt die Dynamik der Organismen, im Gegensatz zur Anatomie, der Statik der Organismen.

Organismen, Organisches überhaupt unterscheidet sich von Anorganischem nicht durch die Stoffe, nicht durch die Kräfte; sie sind in beiden Reichen von gleicher Art, insbesondere giebt es keine organische Kraft sui generis, keine Lebenskraft. Sie unterscheiden sich vielmehr lediglich durch die Anordnung der Kräfte.

Im Anorganischen herrscht statisches Gleichgewicht (stabiles, labiles, indifferentes), im Organischen dynamisches Gleichgewicht (wie in der Bevölkerungszahl einer Stadt, oder in der Wassermasse eines Teiches, der Zu- und Abfluss hat).

Alle anderen sonst aufgestellten Unterschiede, wobei der Krystall als anorganisches Individuum der Zelle als organischem Individuum gegenübergestellt wurde, betreffen unwesentliche Äusserlichkeiten (Apposition, Intussusception; Höhlenbildung; gleichbleibender Stoff bei verschiedener Form, gleichbleibende Form bei verschiedenem Stoff).

„Der Krystall ruht ewig bedürfnislos in sich, das Lebewesen ist von gewissen äusseren Bedingungen (integrierenden Reizen) abhängig und unterliegt dem zeitlichen Verlauf" (du Bois-Reymond).

Physiologie, wie Naturwissenschaft überhaupt, erstrebt

als letztes Ziel eine streng mathematische Theorie der Erscheinungen zu geben, wie es die Astronomie auf ihrem Gebiete thut. „In jeder Naturlehre ist aber soviel eigentliche Wissenschaft enthalten, als Mathematik in ihr angewandt werden kann“ (Kant).

Die Naturwissenschaft geht von folgenden Axiomen[1]) aus:

1. „Von der Gesetzmässigkeit alles Geschehens.“ [2])

Bei Eintritt der gleichen Realbedingungen erfolgt immer und überall der gleiche Realeffekt. „Gesetz ist der allgemeine Begriff, unter dem sich eine Reihe von gleichartig ablaufenden Naturvorgängen zusammenfassen lassen“ (Helmholtz).

2. Von der Beharrung.

Trägheitsgesetz (Gallilei), von einigen als Modifikation des Causalgesetzes gefasst, wäre demnach a priori'scher Teil unserer Erkenntnis. [3])

3. Von der Erhaltung der Materie.

Materie kann weder vergehen noch entstehen. Es wurde schon von den Alten aufgestellt. („Materie ist das Bewegliche im Raum“ Kant).

4. Von der Erhaltung der Kraft.

Der Begriff der Kraft.

Der Begriff der Kraft ist eine echte qualitas occulta, ein Grenzbegriff der Physik.

„Eine Erscheinung begreifen, heisst die Kräfte aufsuchen, welche Ursachen der Erscheinungen sind“. „Die Kraft ist nur das objektivierte Gesetz der Wirkung“ (Helmholtz).

Kräfte allein sind messbar. Daher geht die Naturwissenschaft wesentlich darauf aus, alle Qualitäten in Quantitäten, allen

---

[1]) Axiome einer Wissenschaft (*ἀξιωματα* = postulata) sind allgemeinste Urteile, absolute Principien, auf welche sich eine Wissenschaft stützt, und ohne deren Annahme sie unmöglich ist.

[2]) Wird auch als Axiom von der Begreiflichkeit der Welt genannt: Damit wir die Welt begreifen können, müssen wir sie uns begreiflich vorstellen. (F. A. Lange, Helmholtz). Begreiflich = gesetzmässig.

[3]) Der „a priori“, d. h. vor aller Erfahrung gegebene „transcendentale Teil“ unserer Erkenntnis betrifft ihre Formen und ist in seiner Besonderheit begründet in unserer psycho-physischen Organisation. Aller Erfahrungsinhalt ist nur möglich in diesen transcendentalen Erfahrungsformen. Man unterscheidet die Formen der Anschauung: Raum und Zeit und des Verstandes: Causalität.

Stoff in Kräfte aufzulösen, und weiter die verschiedenen Kräfte auf einander und womöglich auf eine zurückzuführen.

Die reinste Form des Ausdruckes der Kraft ist die der mechanischen Kraft, die auf einen Massenpunkt wirkt.

Die Grösse der Kraft, die Kraftintensität, wird gemessen durch die Beschleunigung (v) der Masse (m), auf die sie wirkt, in der Zeiteinheit (t) multipliziert mit der Masse $= \frac{m\,v}{t}$ (Bewegungsgrösse).

Arbeit einer Kraft ist das Produkt aus der Kraft in den Weg (s) ihres Angriffspunktes $= \frac{m\,v}{t} . s$ oder (da nach den Fallformeln $s = \frac{v^2}{2g}$) $= \frac{m\,v}{t} . \frac{v^2}{2g}$; da ferner $g\,t = v$, so ergiebt sich: Arbeit $= \frac{m\,v^2}{2}$, auch die lebendige Kraft, kinetische Energie genannt.

Der andere Zustand, in welchem sich eine Kraft befinden kann, heisst Spannkraft, potentielle Energie; wenn ein Gewicht (p) auf eine bestimmte Höhe (h) gehoben ist $= p\,h$; die dazu verbrauchte lebendige Kraft $= \frac{m\,v^2}{2}$ wird wieder frei, sobald das Gewicht herunter fällt.

Die Umwandlung von potentieller Energie in kinetische kann (wie im Organismus) geschehen durch Einwirkung einer auslösenden Kraft. Durch diese wird der labile Gleichgewichtszustand zweier Spannkräfte beseitigt. (Uhrwerk mit Sperrhaken: Schwere des Gewichts und Cohäsion der Sperrvorrichtung; Lawine: Schwere der Schneemasse und Cohäsion der einzelnen Flocken.)

Auslösende Kraft und ausgelöste Kraft sind von einander unabhängig, die auslösende Kraft kann daher sehr gering sein gegenüber der Grösse der ausgelösten Kraft, und in diesem Sinne wird sogar der Begriff der Auslösung meist gebraucht. Neben den mechanischen Kräften nehmen wir noch an die chemischen, Wärme, Licht und Elektrizität.

Als man erkannt hatte, dass Wärme kein Stoff sei, sondern durch mechanische Prozesse erzeugt werden könne, dass sie lebendige Molekularkraft sei, war der Einsicht Bahn gebrochen, dass die verschiedenen Kräfte sich in einander verwandeln können.

Kraft kann weder entstehen noch vernichtet werden. Sie kann nur ihre Form verändern oder aus dem einen ihrer beiden Zustände in den anderen übergehen. (Gesetz der Erhaltung der Kraft: Rob. Mayer, Helmholtz.)

Die verschiedenen Kräfte stehen ihrer Grösse nach zu einander in bestimmtem Aequivalentverhältnis: Mechanisches Wärmeäquivalent (Joule) 1 Calorie = 425 Grammmeter. Die letzte Quelle aller irdischen Kräfte ist die Sonne; sie ist „die beständig sich spannende Feder“ (R. Mayer).

Der Begriff des tierischen Organismus.

Wir definieren nunmehr den tierischen Organismus als ein mechanisches System, das, aus hoch komplizierten chemischen Verbindungen aufgebaut, im dynamischen Gleichgewicht befindlich, potentielle Energie in kinetische verwandelt. Die kinetische Energie tritt zum Teil auf als tierische Bewegung, zum Teil als Wärme, in einigen Fällen als Elektrizität (elektrische Fische) oder als Licht (Leuchttiere).

Das dynamische Gleichgewicht
mit positiver Bilanz = Wachstum,
mit der Bilanz = 0, Erhaltung des Bestandes, Blütezeit,
mit negativer Bilanz = Schwund, Tod

wird unterhalten durch den Stoffwechsel, durch „den das Tier durchrauschenden Strom der Materie“. Derselbe besteht in der Aufnahme von Stoffen und ihrer Umwandlung in die den Organismus constituierenden Elemente, Assimilation, und der Zersetzung und Abgabe der verbrauchten Elemente, Dissimilation.

Die Pflanze nimmt einfache, anorganische Verbindungen (CO_2, H_2O, NH_3) auf und verwandelt sie bei Einwirkung des Sonnenlichtes unter Reduktion in hoch komplizierte, organische Verbindungen; sie sezt die lebendige Kraft der Sonne in chemische Spannkraft um.

Das Tier nimmt aus dem Pflanzenreiche, daher angewiesen auf dieses, „Parasit der Pflanzen“, hoch komplizierte, organische Verbindungen auf und verwandelt sie unter Oxydation in einfache anorganische Verbindungen (CO_2, H_2O, NH_3 bezw. dessen Derivat $CO.(NH_2)_2$), es verwandelt die chemische Spannkraft der Pflanzen in lebendige Kraft. Kreislauf des Lebens.

Alle Organismen nehmen neben der eigentlichen Nahrung O auf „Atmung“, nur aus verschiedenen Quellen, und in verschiedener Form. Ferner H_2O und Salze.

Ohne O kann auf die Dauer kein Leben bestehen. Die anäroben Bakterien (Tetanusbakterien, Rauschbrandbacillen) entnehmen ihn wahrscheinlich den Salzen ihres Mediums.

Nur die chlorophyllhaltigen Teile der Pflanzen reduzieren unter Einwirkung des Sonnenlichtes die aufgenommene H_2CO_3 zu O_2, H_2O und C. O_2 wird durch die Spaltöffnungen ausgehaucht, C wird zum Aufbau zurückbehalten. Im Dunklen dagegen nehmen alle Pflanzen, wie in der Helligkeit auch die nichtgrünen Pflanzen und Pflanzenteile (Pilze, Keime) O auf und geben CO_2 ab. „Atmung der Pflanzen.“

Auch im Tierkörper kann Reduktion stattfinden: Ueberführung der C-armen und O-reichen Kohlehydrate in die C-reichen und O-armen Fette, Verwandlung der Benzoesäure in Hippursäure, des Zuckers in der Leber in Glycogen.

Der Begriff des Reizes.

Unter Reiz [Haller] verstand man früher diejenige Wirkungsweise von Körper auf Körper, welche nur in der organischen Natur vorkäme.

Dies ist irrig. „Es gibt in der ganzen Natur nur eine Art Veränderung, nämlich Bewegung, nur eine Art der Wirkung von Körper auf Körper, nämlich die mechanische. An die Stelle des Begriffes der Reizung tritt der Begriff der Auslösung (du Bois-Reymond).

Die Eigenschaft, die aller lebendigen Substanz zukommt, grosse Mengen potentieller Energie auf dem Wege der Auslösung in kinetische zu verwandeln, heisst Reizbarkeit.

Die Reaktion auf einen Reiz bleibt nicht auf den gereizten Punkt beschränkt, sondern breitet sich über die angrenzenden Teile aus durch Reizleitung.

Die Reizqualitäten sind: Mechanische (Druck, Zug, Stoss, Tonschwingung), thermische, photische, elektrische und chemische.

Der Intensität nach unterscheidet man ein Reiz-Maximum, ein Reiz-Minimum und ein Reiz-Optimum.

Reiz-Schwelle heisst dasjenige Reizminimum, bei welchem zuerst eine Wirkung eintritt, darunter bleibt sie aus.

Findet unter der Einwirkung von Reizen eine Steigerung aller oder einzelner Lebenserscheinungen statt, so spricht man von Erregung, von Lähmung; wenn eine Herabsetzung aller oder einzelner Lebenserscheinungen eintritt. [Verworn].

Die Herabsetzung der Lebenserscheinungen durch die infolge der Thätigkeit aufgehäuften Dissimilationsprodukte heisst Er-

müdung, in höherem Grade Erschöpfung; werden diese Produkte entfernt, so tritt Erholung ein.

Die Orientierung in der Welt der Erscheinungen.

Das erste und gewisseste, was der menschlichen Erkenntnis gegeben ist, sind die Thatsachen seines Bewusstseins Empfindung, Wahrnehmung oder Anschauung (a potiori fit denominatio), Einzel-Vorstellung, Allgemein-Vorstellung, Begriff.

Das Tier hat keine abstrakten Begriffe, darum keine Sprache,[1]) darum „lacht es und weint es auch nicht" (Schopenhauer).

Die Thatsachen des Bewusstseins, das „Seelenleben", dem Inhalte nach hat die Psychologie zum Gegenstand, der Form nach die Logik.

Die Naturwissenschaften, soweit sie nicht Psychologie sind, sehen infolge eines naiven Realismus die subjektiven Wahrnehmungen als objektiv gegebene Dinge, sehen die Welt der Erscheinungen als die Welt der „Dinge an sich" an.

Sie orientieren sich darin durch Sammlung von Wahrnehmungen, Erfahrung. Diese täuscht niemals, in ihr allein ist Wahrheit. Wohl aber können wir uns in der Beurteilung derselben täuschen. Die Sinne nehmen „wahr", der Verstand urteilt und — irrt.

Wird die Erfahrung zu bestimmtem wissenschaftlichen Zweck in bestimmter Richtung benutzt, so entsteht Beobachtung, sie wird ergänzt durch das Experiment, luciferum experimentum (Baco). „Im Experiment läuft die Kette der Ursachen durch unser Selbstbewusstsein" (Helmholtz). Wir bringen im Experiment die Erscheinungen (teilweise, ganz oder neue) selbst hervor. „Wir erkennen vollständig nur, was wir selbst hervorbringen können."

Durch Induktion steigen wir von einzelnen Erfahrungen zu einem Allgemeinen (Gesetz) auf. Doch machen wir dabei schon eine Annahme, Hypothese, über den möglichen Zusammenhang dieser Erscheinungen. Mit der Hypothesenbildung hebt die

---

[1]) Wohl hat das Tier Allgemein-Vorstellungen, wohl findet sich bei ihm Erkenntnis der Kausalität, und es besitzt, wie das Bedürfnis, so die Fähigkeit gegenseitiger Mitteilung (Gemsen, Ameisen), was aber die menschliche Sprache so heraushebt, ist wesentlich: die Artikulation der Laute und die Verwendung der Lautgebilde als Symbole für Objekte.

Wissenschaft an. Indem wir durch **Deduktion** das gefundene Allgemeine auf neue Erscheinungen anwenden, prüfen wir es auf seine Richtigkeit, um eventuell eine neue Hypothese zu bilden. (Licht: Emanations-Theorie, Undulations-Theorie; Elektrizität: Theorie der Fluida, Undulations-Theorie).

Induktion ist also zwar die positive Grundlage alles Erkennens, bedarf aber der Deduktion; in Wirklichkeit sind beide nicht scharf zu trennen.

Die graphische Methode.

Die Physiologie bedient sich, wie auch andere Naturwissenschaften, zur anschaulichen Darstellung ihrer Gesetze und Regeln der **graphischen Methode**. Diese wendet den Kunstgriff der analytischen Geometrie (Descartes) an, Zahlengruppen geometrisch durch Punkte darzustellen. Das geschieht durch das **Koordinatensystem**. 0 = Anfangspunkt oder Ursprung des Koordinatensystems.

y
II + | I
x ——— x
− | 0 +
III − | IV.
y

x 0 y = Koordinatenwinkel; ist er wie hier, ein rechter, so spricht man von rechtwinkligem Koordinatensystem.

x x = Abscissenaxe } + positive } Hälfte.
y y = Ordinatenaxe } − negative }

I, II, III, IV Quadranten des Koordinatensystems. In der Physiologie handelt es sich vielfach darum, den Ablauf eines Vorganges in der Zeit darzustellen, dann wird die Zeit gewöhnlich auf die Abscisse abgetragen.

Die Descendenztheorie.

Den ausserordentlichen Formenreichtum der Organismen, der uns heute auf der Erde entgegentritt, sucht die **Descendenztheorie** zu erklären. Dieselbe (von Geoffroy St. Hilaire, Lamark und Darwin begründet, von Häckel und Weissmann ausgebaut), lehrt, dass alle die verschiedenen Organismen, die heute leben und je gelebt haben, in ununterbrochener Aufeinanderfolge abstammen von einer ersten und einfachsten lebendigen Substanz.

Es sind also all die mannigfaltigen Formen nicht von einer voraussehenden Intelligenz nach einem aufgestellten Plane, jede in ihrer Art, geschaffen (Teleologie), sondern sie haben sich

mechanisch-causal in aufsteigender Fortentwicklung aus dem oder den ersten Keimen entwickelt. Dabei hat man sich diese Fortentwicklung nicht unter dem Bilde eines Baumes vorzustellen, dessen Wipfel den breitesten Raum einnimmt, gerade umgekehrt bilden die niedrigsten Formen, die das Begriffsnetz von Species, Art, Gattung nicht mehr umspannt, den mächtigen breiten Unterbau für die daraus sich erhebenden klarer gesonderten höheren Pflanzen- und Tierformen.

Die Differenzierung kommt nun zu stande durch die Neigung der Individuen, auch bei scheinbar gleichbleibenden äusseren Bedingungen vom Elternpaar abzuweichen, individuelle Varibilität, und zweitens dadurch, dass ganze Species bei Störungen des äusseren Gleichgewichts die Fähigkeit der Anpassung an die auftretenden Veränderungen besitzen. Solche Störungen sind klimatische Veränderungen, Einfluss des Menschen, Migration, Isolation und dergl. mehr.

Die Vermehrung der Organismen geschieht in geometrischer Progression. Würden alle Keime eines Individuums zur Entwickelung kommen, so würde die Erde mit seinen Nachkommen schon nach wenigen Generationen übervölkert sein. So aber gehen die meisten zu Grunde, teils an der Ungunst der äusseren Bedingungen, teils im Streit mit einander. Die Arten müssen um ihre Existenz ringen, es findet ein Kampf um das Dasein statt.

Die naturgemässe Entwickelung ist nur ein Spezialfall aus tausend Vernichteten.

In diesem Kampf überlebt nur das für die jeweiligen Bedingungen Passendste, das Zweckmässige. Hierzu kommt die geschlechtliche Zuchtwahl, durch die nur die kräftigsten Männchen zur Fortpflanzung zugelassen werden; sekundär wirkt dies auch wieder auf die weiblichen Nachkommen fort. Bei den Vögeln spielt bei dieser Wahl auch Farbenschmuck und Gesang eine Rolle.

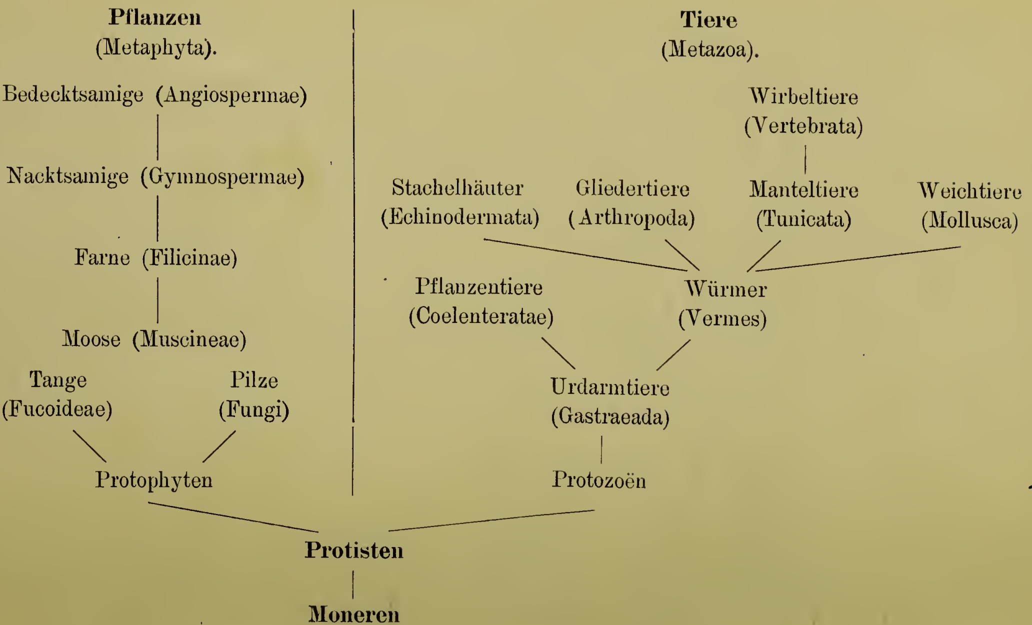
Die Erhaltung der so erlangten Abweichungen geschieht durch Vererbung, vermöge deren Eigenschaften und Formen von den Eltern auf die Nachkommen übertragen werden. Bestritten wird, dass auch zufällig erworbene Eigenschaften vererbt werden können, doch lässt sich diese Annahme nicht völlig umgehen. Durch

die Vererbung wird auch die oben erwähnte individuelle Variabilität in gewissen Grenzen gehalten.

Durch alles Dies kommt eine natürliche Auslese unter den zahllos entstehenden Organismen zu stande, deren Enderfolg eben ihre gegenwärtige Zweckmässigkeit und Formenfülle ist.

Diese Auslese kann aber nur einen negativen, regulativen Charakter haben; damit sie überhaupt wirken kann, müssen Organismen vorerst entstehen und sich vermehren. Es müssen also innere positive Ursachen für eine Weiterentwicklung in der Anlage des Organismus vorhanden sein, die uns zur Zeit gänzlich unbekannt sind, die aber nichts Mystisches oder Metaphysisches sind (wie Schopenhauers Wille zum Leben). Nur darf diese Anlage nicht als Neigung zur progressiven, aufsteigenden Weiterentwicklung gefasst werden, da sie sonst dem Darwinismus widerspricht. Übrigens sind uns bereits Thatsachen, die direkt auf solche innnere Entwicklungsursachen hinweisen, zur Genüge bekannt; wir fassen sie als Gesetze der Correlation zusammen.

Auf Grund der Descendenzlehre hat man folgendes Schema der Organismen aufgestellt:


Pflanzen
(Metaphyta).
Bedecktsamige (Angiospermae)
Nacktsamige (Gymnospermae)
Farne (Filicinae)
Moose (Muscineae)
Tange
(Fucoideae)
Pilze
(Fungi)
Protophyten
Tiere
(Metazoa).
Wirbeltiere
(Vertebrata)
Stachelhäuter
(Echinodermata)
Gliedertiere
(Arthropoda)
Manteltiere
(Tunicata)
Weichtiere
(Mollusca)
Pflanzentiere
(Coelenteratae)
Würmer
(Vermes)
Urdarmtiere
(Gastraeada)
Protozoën
Protisten
Moneren

1. Chemische Bestandteile des menschlichen Körpers.

Elemente.

Die Elemente, die den Körper zusammensetzen, sind folgende:

Metalloide: C, H, O, N, S, P, Cl, I, Fl, Si.

Metalle: K, Na, Mg, Ca, Fe, Cu.

Von diesen finden sich nur 12 Elemente constant in jeder Zelle: C, N, S, H, O, P, Cl, K, Na, Mg, Ca, Fe.

Zufällige Bestandteile können sein: Zn, Pb, Hg, As.

Als Elemente, in freiem Zustande, kommen nur vor:

1. O, wird aus dem umgebenden Medium durch die „Atmung" aufgenommen (s. Einl.), findet sich in allen Flüssigkeiten des Körpers bes. im Blut, wird zur Verbrennung (Oxydation) verwendet.

2. N, wird ebenfalls durch die Atmung (aus der Luft) aufgenommen. Findet sich in Lungen, Darmkanal, Blut (nur in diesem gelöst); verlässt den Körper durch Lunge, Darm, Haut.

Hiermit nicht zu verwechseln der durch die Nahrung (Eiweiss) aufgenommene Stickstoff.

Alle anderen Elemente kommen nur als Verbindungen vor. Man unterscheidet unorganische und organische oder C-Verbindungen.

Unorganische Verbindungen.

A. Wasser.

Bildet den Hauptbestandteil der Organismen. Im Säugetierkörper 64 pCt. des Gewichtes, zieht man die Knochen mit etwa 20 pCt. Wasser ab, sogar über 70 pCt. Findet sich nicht blos in den tierischen Flüssigkeiten, sondern auch in allen Geweben. Dient zur Auflösung aller im Körper gelöst vorkommenden Stoffe. „Alle Organismen leben im fliessenden Wasser."

B. Säuren.

1. Kohlensäure CO_2 findet sich als Gas in Lunge und Darm; im Blut wie in den meisten tierischen Flüssigkeiten zum grössten Teil physikalisch absorbiert. Sie wird im Körper selbst als Endprodukt der Oxydationsvorgänge des O gebildet. Sie verlässt den Körper hauptsächlich durch die Expirationsluft (900 gr. in 24 Std. beim Menschen), geringe Mengen durch Haut und Darm.

2. Salzsäure H Cl findet sich frei im Magensaft (s. Magenverdauung), wird erst im Organismus aus Chlornatrium gebildet. Ist ein notwendiger Bestandteil des Magensaftes aller Säuge-, vielleicht aller Wirbeltiere.

Im Speichel und Magensaft der Mittelmeerschnecke Dolium galea findet sich freie Schwefelsäure.

C. Salze.

Sie kommen teils in löslicher, teils in fester (Knochen) Form vor.

1. Chlorsalze Na Cl, von allen anorganischen Salzen am reichlichsten; findet sich constant im Blutplasma und in der Lymphe. In grosser Menge im Harn (15 gr. in 24 Std. beim Menschen), wo es selbst beim Na Cl-Hunger in geringer Menge vorhanden ist.

K Cl in geringerer Menge, bes. in roten Blutkörperchen und Muskeln.

Kaliumsalze ins Blut gespritzt sind heftige Herzgifte, Natriumsalze nicht.

Natrium- und Kaliumsalze finden sich in allen tierischen Organen und Säften. K ist bes. für wachsende Organismen erforderlich.

Durch die Verwitterung des Granits wird neben SiO_2 auch K frei; dies gelangt mit dem Regen und Gebirgswässern in die Ackerkrume, in die Pflanzen, in die Herbivoren, in die Carnivoren.

$CaCl_2$ Chlorcalcium ein geringer Bestandteil der Knochenerde.

2. Fluor in den Knochen und im Schmelz der Zähne als $CaFl_2$.

3. Silicium in den Pflanzen; die Epidermiszellen mancher Gräser sind mit SiO_2 imprägniert, daher schneiden sie; SiO_2 ferner in den Haaren von Menschen und Säugetieren und in den Federn der Vögel.

4. Jod in manchen Seepflanzen (Tangen), in der Schilddrüse.

5. Sulfate als Na_2SO_4 und K_2SO_4 in geringen Mengen fast überall, fehlen nur in der Milch, Galle, Magensaft.

7. Phosphate als Na_3PO_4, K_3PO_4, $Ca_3(PO_4)_2$, Mg_3, $(PO_4)_2$. }
8. Carbonate als Na_2CO_3, K_2CO_3, $CaCO_3$, $MgCO_3$. }
finden sich überall im Körper in wechselnder Menge. Am reichlichsten in Knochen, wo sie als phosphorsaures Calcium, phosphorsaures Magnesium, kohlensaures Calcium und Fluorcalcium die Knochenerde bilden.

Von ihnen liefert Calciumphosphat weitaus die grösste Masse: Ohne Calciumphosphat keine Knochenbildung. Ueber ein Viertel des trockenen Skeletts ist Phosphorsäure, also für den erwachsenen Menschen etwa 2000 grm.

Phosphor ferner in dem verbreiteten Protagon, am reichlichsten im Gehirn, zerfällt sehr leicht in P-haltiges Lecithin und P-freies Cerebrin.

9. Als Salz findet sich ferner Eisen, in den Pflanzen nur sehr wenig. Das Hämoglobin der roten Blutkörperchen enthält Fe in chemischer Bindung. Die Fe-Menge im Gesamtblut der Menschen beträgt etwa 3 gr. (Stricknadel, Maximaldose p. dosi vom Chloralhydrat), des Pferdes ca. 18 gr. In geringer Menge ferner in Harn, Galle (als Phosphat), Eidotter, Milch, Leber. Cu ist häufig in der Leber gefunden worden.

Organische Verbindungen.

A. Stickstoffhaltige

a) Eiweisskörper:
1. Proteïne,
2. Proteïde,
3. Albuminoïde,
4. Farbstoffe.

b) Körper, die aus den Eiweissen bei ihrer Zersetzung im Körper entstehen.

B. Stickstofffreie

1. Kohlehydrate,
2. Fette,
3. Stickstofffreie Säuren.

Eiweisskörper.

bestehen aus C, H, N, O, S (daher entsteht bei ihrer Fäulnis H_2S), in einigen findet sich auch P. Sticktoff ist zu etwa 16% enthalten. Ihre chemische Zusammensetzung ist noch unbekannt, auch sind sie nur in seltenen Fällen krystallisiert erhalten.

Sie kommen in zwei Modifikationen vor: 1. einer löslichen [1])

[1]) Man nimmt indess vielfach an, dass die Eiweisskörper im Wasser nicht eigentlich gelöst sind, sondern nur gequollen (unechte Lösungen).

2. einer unlöslichen. Der Übergang von der ersten in die zweite heisst Gerinnung, Coagulation.

Die Eiweisslösungen drehen die Polarisationsebene nach links.

Sie gehören zu den nicht diffusiblen Substanzen, zu den sogenannten „Kolloïden“. [1])

Die Eiweisskörper zerfallen bei der Einwirkung hochgespannter Wasserdämpfe, beim Erhitzen mit Säuren und Alkalien und bei der Fäulniss unter Hydratation (Aufnahme der Elemente des Wassers) neben Abspaltung von NH_3 und H_2S in Tyrosin (ein aromatischer (Benzol-) Körper und in Leucin und Asparaginsäure (beides Fettkörper).

Die Eiweisskörper werden in Lösungen nachgewiesen durch Fällungsreaktionen [2]) und Färbungsreaktionen.

I. Fällungsreaktionen: 1. Siedehitze,
2. Mineralsäuren.
3. Schwermetallsalze (daher die giftige, aber auch desinfizierende Kraft des Quecksilberchlorids, Sublimats, und des Silbernitrats, Arg. nitric.).
4. Ferrocyankalium nach Zusatz von Essigsäure.
5. Neutralsalze ($NaCl$, Na_2SO_4) nach Zusatz von Essigsäure: „Aussalzen.“
6. Von organischen Stoffen: Gerbsäure (die anderen organischen Säuren nicht), Carbolsäure, Kreosot (κρεας, σωζω).

---

[1]) Man nahm früher an, dass alle Eiweisskörper, wie der Leim (Colla), nicht krystallisieren und durch tierische Membranen schlecht, durch künstliche (Pergament-) Membranen gar nicht diffundieren, weil sie sich nicht in eigentlicher Lösung befänden. Ihnen gegenüber stellte man die „krystalloïden“ Körper, die echte Lösungen bilden, krystallisieren und leicht diffundieren (Graham). Diese Einteilung ist falsch. Es giebt auch Kohlehydrate (Polysaccharide), die nicht diffundieren, ebenso diffundiert Kieselsäure in Salzsäure nicht. Es giebt ferner Eiweisskörper, die krystallisieren, aber nicht diffundieren (Hämoglobin), und solche, die nicht krystallisieren, aber leicht diffundieren (Peptone).

[2]) Fällung ist die unter Einwirkung eines Reagens auftretende Ausscheidung einer festen Masse aus einer klaren Flüssigkeit. Bei den Eiweisskörpern kann die Fällung zu Stande kommen, indem das Reagens 1. nur die Coagulation (s. o.) bewirkt (Siedehitze, Mineralsäuren), 2. indem es mit den Eiweisskörpern in Wasser unlösliche Verbindungen eingeht (Schwermetallsalze).

Bei den nicht künstlichen Gerinnungen (Blut, Milch, Muskelplasma) sind Fermente oder Enzyme das die Coagulation bewirkende Reagens.

II. Färbungsreaktionen: 1. conc. Salpetersäure in der Wärme giebt Gelbfärbung, es entsteht Xanthoproteïnsäure. Darauf Übersättigen mit Ammoniak = tief orangegelbe Farbe.

2. Millon's Reagenz (Lösung von salpetersaurem Quecksilberoxyd mit etwas salpetriger Säure) giebt beim Kochen rosenrote Färbung.

3. Verdünnte Kupfersulfatlösung (2%) nach Zusatz von Kalilauge giebt rot- bis blauviolette Färbung (Biuret-Reaktion).

4. Rohrzucker (oder Eisessig) und conc. Schwefelsäure färben beim Erwärmen schön purpurrot oder violett.

Da keine dieser Färbungsreaktionen dem Eiweiss allein zukommt, so müssen in jedem Fall mehrere angestellt werden.

Man teilt die Eiweisskörper ein in: Proteïne, Proteïde, Albuminoide Farbstoffe.

1) Proteïne.[1])

Die Proteïne finden sich im Körper hauptsächlich im Blut, Lymphe und serösen Flüssigkeiten, „circulierendes“, auch „totes Eiweiss“ genannt, gegenüber demjenigen, welches durch die Arbeit der lebendigen Zelle in lebendes Protoplasma, in „lebendiges Eiweiss“, übergeführt wird. Dieses letztere soll sich dem „toten“ gegenüber durch grössere Neigung zu intramolekularer Umlagerung auszeichnen.

Das Eiweiss, wie es in der Natur vorkommt (z. B. Hühnereiweiss), nennt man genuines oder natives Eiweis; das sind die Proteïne im engeren Sinne, die eigentlichen Proteïne.

Dem gegenüber stellt man das denaturierte Eiweiss, welches durch chemische (Säuren, Alkalien), physikalische (Hitze: Coagulation) oder biologische (Verdauung) Einwirkung verändert ist.

Zu den eigentlichen Proteïnen gehören:

a) Albumine, löslich in Wasser: Serum-, Eier-, Lact-, Muskel-Albumin.

---

[1]) Von πρωτευω nehme den ersten Rang ein.

b) *Globuline*, unlöslich in Wasser, enthalten weniger S als a, in: Eier-Gl., die Fibringeneratoren: Fibrinogen (Serum-Gl.) und Paraglobulin, Myosin.

c) *Vitelline*, krystallisieren leicht aus ihren Lösungen in Neutralsalzen: Krystallin.

Denaturierte Proteïne sind:

a) *Acid-Albumin, Syntonin*, entsteht durch Behandlung der Proteïne mit Säuren;

b) *Alkali-Albuminat*, entsteht durch Behandlung der Proteïne mit Alkalien;

} sind in Wasser unlöslich und koagulieren nicht mehr beim Kochen.

c) *Proteosen*, entstehen aus Proteïnen und Proteïden bei der Verdauung (s. d.): Albumosen und Peptone.

2) Proteïde.

Sind Verbindungen von Eiweisskörpern mit anderen hoch zusammengesetzten Stoffen. Sind wie die eigentlichen Eiweisskörper unlöslich in Alkohol, durch den sie gefällt werden. Lösen sich leicht in verdünnten Alkalien.

a) *Verbindungen von Eiweiss mit Nukleïnen, Nukleoalbumine*, genannt.

Im Kern (Chromatin) und Protoplasma der Zelle. Verhalten sich wie Säuren. Sie sind unlöslich in Wasser und Neutralsalzen, leicht löslich bei Zusatz von wenig Alkali.

Charakteristisch: haben P im Molekül; dieses P ist enthalten in den Nukleïnen; das sind Verbindungen von Eiweiss mit einer Nukleïnsäure. Nukleïnsäuren enthalten Phosphorsäure und Basen wie Adenin, Hypoxanthin, Guanin, Xanthin, Cytosin und einen Kohlehydratkern.

Hauptrepräsentant der Nukleoalbumine, weil am besten bekannt, ist das *Caseïn*, der Käsestoff der Milch, gerinnt nicht beim Kochen, wird aber gefällt durch schwache Säuren. Unter Einwirkung des Labs entsteht Paracaseïn, das mit den Kalksalzen der Milch eine unlösliche Verbindung, den Käse, bildet.

b) *Verbindungen von Eiweiss mit Fe-haltigen Farbstoffen, Hämoglobine.*

Hämoglobin, Oxyhämoglobin, Methämoglobin, Kohlenoxydhämoglobin (s. Blut.)

c. Verbindungen von Eiweiss mit Substanzen der Kohlehydratgruppe, Mucine.

Sie sind nur im Tierkörper gefunden, im Speichel, auf Scheimhäuten, in Sehnen, im Schleimgewebe. Haben sauren Charakter, sind in H_2O unlöslich, lösen sich aber bei Gegenwart von sehr wenig Alkali; werden durch Essigsäure und Alkali gefällt, im Überschuss der Säure wieder gelöst.

3. Albuminoïde

sind Derivate der Eiweisskörper, zeigen daher noch deren charakteristische elementare Zusammensetzung, sind ihnen physiologisch aber nicht gleichwertig; auch weichen sie in ihrem chemischen und physikalischen Verhalten von den Eiweisskörpern nicht unbedeutend ab.

Sie sind ein spezifisches Produkt des tierischen Körpers, können aber in ihm nicht wieder in Eiweiss zurückverwandelt werden. Im Gegensatz zu den Proteïnen und Proteïden, die den Hauptbestandteil der Zellen bilden, kommen die Albuminoïde nur als Ausscheidungsprodukte der Zellen, als Intercellularsubstanzen vor. Sie bilden die Grundsubstanzen der verschiedenen Gewebe.

Es gehören dazu:

a) Collagen, leimgebende Substanz. Im Bindegewebe, Sehnen, Bänder, Fascien, Knochen. In H_2O gekocht, löst es sich unter Wasseraufnahme, bildet beim Abkühlen eine feste Gallerte, Glutin, Leim. Dieser ist löslich in heissem Wasser, in kaltem quillt er nur auf.

b) Chondrin, in den Knorpeln, wird im Gegensatz zum Glutin durch Essigsäure gefällt.

c) Elastin, im elastischen Gewebe.

d) Keratin (Hornstoff), reich an Schwefel, in Haaren, Nägeln, Horn, Epidermis. Hierzu auch das Neurokeratin der markhaltigen Nervenfasern.

e) Chitin, im Panzer der Crustaceen und Insekten.

4. Farbstoffe

sind N-haltige Verbindungen unbekannter Constitution, sind als Derivate der Proteïne und Proteïde anzusehen. Sie sind zum Teil krystallisierbar, zum Teil amorph, kommen gelöst in Flüssigkeiten vor oder als amorphe Körnchen, sog. Pigmente, abgelagert.

Gelöste Farbstoffe: 1) Gallenfarbstoffe (s. d.),
2) Harnfarbstoffe (s. d.),
3) Luteïn, der gelbe Farbstoff des Eidotters,
4) Sehpurpur der Netzhaut.

Amorphe Farbstoffe, sog. Pigmente: Melanin in der Chorioidea, Iris, Epidermis, Haaren.

5. Stoffe der regressiven Metamorphose des Eiweiss.

Infolge der im Körper stattfindenden Verbrennung, Oxydation, werden auch die Eiweisssubstanzen fortwährend zerlegt, um schliesslich als Ammoniakverbindungen bes. Harnstoff („der Harnstoff ist ein Kunstgriff der Natur, um Ammoniak unschädlich für die Gewebe aus dem Körper zu entfernen") ausgeschieden zu werden. Der S und P des Eiweiss gehen bei der Verbrennung in Schwefelsäure und Phosphorsäure über, um als deren Salze ausgeschieden zu werden.

Neben dem Eiweiss findet man daher auch stets dessen Zersetzungsprodukte im Körper. Sie gehören theils den Aminen, theils den Amiden an.[1])

α) Leucin: Amidocapronsäure $C_5H_{10}<^{NH_2}_{COOH}$ (C_5H_{11}-COOH Capronsäure), findet sich in vielen Organen, entsteht im Darm bei der Pankreasverdauung.

β) Tyrosin, in Begleitung des Leucins, ebenfalls im Darm bei der Pankreasverdauung, entsteht auch bei Fäulniss der Eiweisskörper.

γ) Glycocoll, Glycin oder Leimzucker: Amidoessigsäure $CH_2<^{NH_2}_{COOH}$, kommt als solches nicht im Körper vor, sondern in 2 gepaarten Säuren:

1. mit der Cholalsäure als Glycocholsäure in der Galle,
2. mit Benzoesäure (C_6H_5-COOH) als Hippursäure im Harn.

δ) Taurin als solches in den Muskeln, Lunge, Nieren; ist ein Zersetzungsprodukt der Taurocholsäure (= Taurin + Cholalsäure).

ε) Kreatin in allen Flüssigkeiten des Körpers, bes. in den Muskeln; wird vom Guanidin abgeleitet.

---

[1]) Ammoniak, NH_3. Werden H-Atome durch Kohlenwasserstoffreste vertreten, so entstehen Amine. Werden H-Atome durch Säurereste vertreten, so entstehen Amide.

ζ) Kreatinin, namentlich im Harn.

η) Die Xanthinbasen.[1]) Xanthin und Hypoxanthin im Muskel und anderen Geweben in geringer Menge; Adenin, Guanin in Spinnexcrementen und Guano, in geringer Menge in Pankreas und Leber.

ϑ) Harnsäure $C_5H_4N_4O_3$ hauptsächlich im Harn, in den Excrementen der Vögel und Reptilien.

ι) Harnstoff $CO{<}^{NH_2}_{NH_2}$.

(ϑ und ι: s. Harn.)

κ) Indol und Skatol, übelriechende Fäulnissproducte der Eiweisskörper, die im Darm entstehen. Sie gehören zur aromatischen (Benzol-)reihe.

Anhang.

Fermente.

Man teilt sie in organisierte oder geformte Fermente: Mikroorganismen (Bakterien, Pilze), und nicht organisierte oder ungeformte Fermente: Enzyme. Die Enzyme rechnet man zu den Eiweisskörpern, da sie einige Eigenschaften mit ihnen gemein haben (löslich in H_2O und Glycerin, fällbar durch Alkohol, nicht diffusibel, geben die Eiweissfarbreaktionen). Sie sind Produkte des tierischen und pflanzlichen Organismus. Sie haben die charakteristische Fähigkeit, selbst in geringer Menge beliebig grosse Mengen gewisser Substanzen umzusetzen, ohne selbst gespalten zu werden. Ihre Wirkung ist abhängig von der Temperatur (in mittleren Graden liegt das Optimum ihrer Wirkung), von der Reaktion und der Concentration der Lösung der Substanz. Man unterscheidet:

1. Verdauungsfermente, in den Sekreten der Verdauungsdrüsen, auch hydrolytische genannt, da die Spaltungen unter Aufnahme von Wasser stattfinden: a) Diastatische (Speichel, Pankreas) führen Amylum in Zucker über, b) Eiweissspaltende (Magen, Pankreas) führen Proteïne in Proteosen über, c) Fettspaltende (Pankreas) zerlegen Fett in Fettsäuren und Glycerin.
2. Gerinnungsfermente: a) Labferment (Magen) fällt das

[1]) Diese 4 Xanthinbasen und die Harnsäure werden neuerdings als Derivate einer gemeinsamen Muttersubstanz, des Purins, angesehen und daher auch Purinkörper genannt.

Caseïn aus der Milch, b) Fibrinferment (Blut) bewirkt die Blutgerinnung.

Kohlehydrate.

Neben dem C kommen in ihnen nur noch H und O in demselben Verhältniss, wie im Wasser vor. Doch können sie trotz ihres Namens (Hydrate) sehr verschiedene chemische Constitution haben. Je nach der Zahl der Kohlenstoffatome unterscheidet man Tetrosen, Pentosen, Hexosen, Heptosen, Octosen, Nonosen.

Hier interessieren nur die Hexosen und ihre Zusammengesetzten. Sie sind ihrer chemischen Natur nach Aldehyd- oder Keton-Alkohole. Die verschiedenen Gruppen haben charakteristische Reaktionen; alle werden durch trockenes Erhitzen in Karamel übergeführt und färben sich mit α-Napthol und Schwefelsäure rot. Man teilt sie ein in:

a) Monosaccharide, $C_6H_{12}O_6$, Glycosen.

Dazu gehören Traubenzucker, Dextrose, in süssen Früchten und Honig; ferner im Blut, Muskeln, Leber und anderen Geweben, pathologisch im Harn; Fruchtzucker, Lävulose, in Früchten und Honig; Galactose.

Die Glycosen sind optisch activ: drehen die Ebene des polarisierten Lichtes, die meisten nach rechts; nach links nur Lävulose (daher der Name).

Sie sind leicht oxydierbar und reducieren daher stark. Darauf beruht der Nachweis des Zuckers durch folgende Proben:

I. Trommer'sche Probe: Zusatz von Kalilauge und verdünntem Kupfersulfat giebt beim Erwärmen einen Niederschlag von gelbem oder rotem Kupferoxydul.

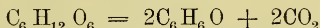
II. Böttger'sche Probe: Zusatz von Kalilauge und basisch-salpetersaurem Wismuthoxyd giebt beim Erwärmen schwarzen Niederschlag = metallisches Wismuth.

III. Moore'sche Probe: Beim Erhitzen mit Kali- oder Natronlauge werden die Zucker oxydiert und färben sich gelbbräunlich.

IV. Mulder'sche Probe: Zusatz von Natroncarbonat und Indigolösung giebt beim Erwärmen Entfärbung des Indigo.

V. Zusatz von Phenylhydrazin in essigsaurer Lösung giebt gelbe in Wasser unlösliche Körper (Osazone).

VI. *Gärungsprobe*, die sicherste Zuckerprobe: Fast alle Monosaccharide spalten sich bei Einwirkung des Hefepilzes in Alkohol und Kohlensäure.



$$C_6H_{12}O_6 = 2C_6H_6O + 2CO_2$$

d. i. die weinige oder alkoholische Gärung; die meisten spalten sich auch bei Einwirkung des Bacterium lactis in Milchsäure ($C_3H_6O_3$), Milchsäuregärung.

b) Disaccharide, $C_{12}H_{22}O_{11}$, Saccharosen.

Es sind Anhydride aus zwei Monosacchariden, daher auch Bi-osen genannt.

Rohrzucker = Traubenzucker + Fruchtzucker.

Milchzucker (Lactose) = Traubenzucker + Galactose.

Malzzucker (Maltose) = Traubenzucker + Traubenzucker.

Sie sind alle optisch rechtsdrehend, reducieren (nur Rohrzucker nicht), bilden Osazone (s. o.). Milchzucker, specifisches Produkt des Tierkörpers, kommt nur in der Milch vor. Giebt mit Hefe keine alkoholische Gärung, wohl aber unter Einwirkung von Bacterium lactis die Milchsäuregärung.

c) Polysaccharide $(C_6H_{10}O_5)_n$, Amylosen,

wobei n die noch unbekannte Zahl bedeutet, mit der die Formel zu multiplizieren ist. Es sind Anhydride von Vielfachen der Monosaccharide. Es gehören dazu ausser Dextrine und Gummi:

1. *Cellulose*, als Pflanzenmembran sehr verbreitet, zerfällt durch Kochen mit Schwefelsäure erst in Amyloïd, dann in Dextrin und Dextrose, giebt mit Schwefelsäure und Jod eine rote Färbung. Unlöslich in Wasser.
2. *Stärke, Amylum*, in den Stärkekörnern der Pflanzen, quillt in kaltem Wasser, in warmem löst es sich unvollkommen (Kleister), giebt mit J intensiv blaue Färbung, die beim Erhitzen verschwindet, in der Kälte wieder auftritt. Bei Einwirkung von Diastase und Ptyalin entsteht Maltose und daraus Traubenzucker.
3. *Glycogen*, tierische Stärke, Leberstärke. Ist ein specifisches Produkt des Tierkörpers, hauptsächlich in der Leber, in geringer Menge in Muskeln und Blut. Der Tierkörper kann auch aus Eiweiss Glycogen bilden. Ist amorph, quillt nur auf in kaltem Wasser, giebt mit J weinrote Färbung,

die beim Erhitzen verschwindet, beim Erkalten wiederkehrt. Ptyalin und Diastase verwandeln es ebenfalls in Maltose und schliesslich in Traubenzucker.

Alle diese Polysaccharide drehen optisch rechts, diffundieren nicht, reduzieren nicht (ausgenommen einige Dextrine) und geben keine Hefegärung.

Fette.

Es sind Verbindungen von Fettsäuren mit Glycerin ($C_3 H_5 (OH)_3$). Da Glycerin ein Alkohol ist, so stellen die Fette sich dar als Fettsäureester des Glycerins.

Die vorwiegend in Betracht kommenden Fettsäuren sind: Palmitinsäure, Stearinsäure, Oleinsäure. Ausserdem kommen in der Milch noch vor an das Glycerin gebunden: Buttersäure, Capronsäure, Caprylsäure, Caprinsäure, Myristinsäure.

Da das Glycerin ein 3-atomiger Alkohol ist, und in den Fetten die 3 H-Atome des Hydroxyls durch Fettsäureester ersetzt werden, so kann man die Fette auch als Triglyceride bezeichnen. Die wichtigsten Fette sind (entsprechend den obigen Säuren) Palmitin, Stearin (beide fest) und Olein (flüssig), die Mischung der drei bildet das Fett im gewöhnlichen Sinne, dessen Aggregatzustand durch das Zurücktreten oder Vorwiegen einer dieser Ester bedingt wird.

Bei dem Zusammenbringen mit Alkalien, Verseifen, zerlegen sich die Fette unter Wasseraufnahme in Glycerin und Fettsäuren; die entstehenden fettsauren Alkalien sind Seifen (Natronseife: fest, Kaliseife: Schmierseife).

Fette, in denen die Fettsäuren vollständig an Glycerin gebunden sind, reagieren neutral, „Neutralfette“. Solche Fette, der Oxydation an der Luft oder der Einwirkung bestimmter Fermente (Steapsin im Pancreassaft) überlassen, spalten sich unter Wasseraufnahme in Glycerin und freie Fettsäuren. Ein so teilweise zersetztes Fett (= Fett + Fettsäuren + Glycerin) ist ranziges Fett, es reagiert infolge der freien Fettsäuren sauer.

Fette und Fettsäuren sind in Wasser unlöslich, Seifen dagegen löslich.

Ranzige Fette werden bei Gegenwart von Wasser und wenig Alkali spontan emulgiert, d. h. sehr fein verteilt, indem die Fettsäuren mit dem Alkali Seifen bilden. Die Bildung von

Seifen ist notwendig zur spontanen Emulgierung, daher emulgieren neutrale Fette (solche, die keine freien Fettsäuren haben) unter gleichen Umständen nicht.

Der Gesamtfettbestand des Körpers schwankt zwischen 10—20%; die Hauptfettreservoire sind Unterhautfettgewebe, Knochenmark, Nierenfett, Mesenterium (Gekröse).

Das mit der Nahrung eingeführte Fett wird teils verbrannt zu CO_2 und H_2O, teils gelangt es zum Ansatz und dient dann

1. zur Aufspeicherung von Verbrennungsmaterial,
2. zur Verhinderung der Abkühlung als schlechter Wärmeleiter,
3. zur Einhüllung zarter Organe (Auge, Niere).

Anhang.

Lecithine sind P-haltige Substanzen, von wachsartiger Consistenz, welche besonders in Eidotter und Gehirnsubstanzen in grösserer Menge vorkommen. Sie sind unlöslich in Wasser, quellen aber darin (Myelinformen), krystallisieren und zerfallen leicht in Glycerinphosphorsäure, eine Fettsäure und eine Base Cholin bez. Neurin.

Das Cholestearin ist sehr verbreitet im tierischen Körper, besonders reichlich in der Galle und im Nervengewebe. In vielen pathologischen Gebilden; die meisten Gallensteine bestehen daraus.

Es stellt einen einwertigen Alkohol dar, der wie das Glycerin, mit Fettsäuren Ester bildet.

Es ist, wie Fette, unlöslich in Wasser, löslich in Alkohol und Äther; im Gegensatz zu den Fetten aber unlöslich in Laugen. Cholestearinkrystalle, rhombische Tafeln, färben sich mit conc. Schwefelsäure rot bis blauviolett.

Stickstofffreie Säuren.

a) Oxalsäure COOH—COOH, kommt im Harn vor (als oxalsaurer Kalk in Briefcouvertform).

b) Milchsäuren $C_3 H_6 O_3$. Es giebt drei Säuren;

1. Gewöhnliche Milchsäure aus der Gärung des Milchzuckers entstanden. Ist optisch inaktiv.
2. Die Fleischmilchsäure, eine Modification der vorigen, im Muskel, dreht rechts.
3. Eine dritte, nur in sehr geringen Mengen im Körper.

Pathologisch können auch Acetessigsäure und Oxybuttersäure im Harn auftreten.

2. Zellenlehre.

Bedeutung der Zellen.

Die den ausgebildeten Körper darstellenden Organe sind zusammengesetzt aus kleinsten Bestandteilen von verschiedener Beschaffenheit. Es sind dies nicht weiter in gleichartige und lebensfähige Teile zerlegbare, meist mikroskopische Gebilde, Zellen[1]) oder Elementarteile. Die Zelle ist das einfachste physiologische Individuum, wie sie auch anatomisch die letzte und wesentliche Formeneinheit des Körpers darstellt. Sie besitzt eigene Lebensthätigkeit und kann, ohne von den Nachbarzellen abhängig zu sein, gewisse Lebensfunktionen ausüben. Alle an den Zellen sich kundgebenden Vorgänge lassen dieselbe als ein lebendes Gebilde nicht nur, sondern auch als einem Organismus vergleichbar erscheinen. Brücke nannte sie daher Elementarorganismen. Entdeckt wurde zuerst die pflanzliche Zelle, und ihre Bedeutung als primären Formenelementes aller pflanzlichen Gebilde erkannt (Schleiden 1838). Dann wurde (Schwann 1839) der Nachweis geführt, dass das cellulare Princip auch für den tierischen Organismus gelte. Die Definition, was eine Zelle sei, hat sich unter den fortschreitenden Untersuchungen (Remak, Reichert, Brücke, M. Schultze, Beale) wesentlich geändert; sie wird heute dahin gegeben, dass man unter Zelle ein räumlich begrenztes Formelement versteht, dessen wesentliche Bestandteile Protoplasma und Kern sind.

Bau der Zellen.

Protoplasma (H. von Mohl 1844), Zellsubstanz, Sarkode, ein Sammelbegriff, ist ein Gemisch verschiedener morphologischer und chemischer (bis jetzt noch wenig bekannter) Bestandteile. Es stellt eine alkalisch reagierende, weiche, zähflüssige Substanz dar, die, in Wasser unlöslich, aber quellungsfähig, hauptsächlich

---

[1]) Der Name Zelle, cellula, rührt von der Ähnlichkeit pflanzlicher Zellen mit den Bienenwaben her.

aus Eiweisskörpern, viel Wasser und Salzen besteht und einen besonderen N-haltigen Körper, das Plastin, führt. Es finden sich im Protoplasma Körnchen mannigfaltiger Art, die Mikrosomen, in wechselnder Menge eingestreut. Vielfach wird angenommen, das Protoplasma bestehe aus einem Netzwerk oder Wabenwerk, in dessen Lücken die anderen Bestandteile in flüssigem Zustand enthalten seien.

Der Zellenkern, Nucleus (von Robert Brown 1833 entdeckt), ein nahezu in der Mitte gelegener, meist bläschenförmiger, wasserheller, scharf begrenzter Körper. Der Aufbau desselben hat sich nach den neueren Untersuchungen als sehr verwickelt dargestellt; er ist ebenfalls ein Gemisch von verschiedenen Bestandteilen. Chemisch besteht er aus verschiedenen Proteïnsubstanzen; man hat aus ihm besondere Körper: Nucleïne (s. chem. Bestandteile) dargestellt. Er besteht aus:

a) Gerüstsubstanz[1]:
   α) achromatische Kernsubstanz, bildet ein Gerüst aus feinen Strängen, die sich mit den typischen Kernfärbemitteln nicht färben.
   β) chromatische Kernsubstanz (Chromatin), färbt sich gerade mit diesen Färbemitteln. Sie ist in Form von kleinen Körnchen und Bröckchen dem vorigen aufgelagert.

b) Kernsaft, eine homogene Flüssigkeit, die Grundsubstanz, färbt sich wie a) nicht mit den Kernfärbemitteln. In ihr ist die Gerüstsubstanz enthalten.

c) Kernkörperchen, Nucleolus, ein homogenes, stark lichtbrechendes, mit Kernfärbemitteln sich färbendes Körperchen, gewöhnlich nur eines in einem Kern.

Umschlossen wird dieser Inhalt in vielen Fällen, aber nicht immer von einer Kernmembran. Zu bemerken ist noch, dass die Stränge der chromatischen Substanz an einzelnen Stellen verdickt

---

[1]) Man hat in neuerer Zeit diesen Bestandteilen verschiedene Namen gegeben, die z. T. zugleich die chemische Konstitution ausdrücken sollen. Doch sind die Verhältnisse hier noch viel zu wenig studiert, als dass dies jetzt schon mit einiger Sicherheit möglich ist.

sind zu Knoten, den Netzknoten, die nicht mit den Kernkörperchen verwechselt werden dürfen. Zum Kern gehört ferner das Centrosoma, ein sehr kleines Körperchen, das feine Fäden zum Chromatin und zur Zellenmembran schickt. Bei der Kernteilung wandert es in das Protoplasma und ist dann leichter zu erkennen.

Die meisten Zellen besitzen einen Kern, nur in einigen sind mehrere (bis 100): Riesenzellen. Fehlt der Kern, so geht die Zelle zu Grunde, ausgenommen Epithelzellen der Hornhaut und rote Blutkörperchen, doch haben diese früher einen Kern gehabt.

Unwesentliche Bestandteile der Zelle sind: die Zellenmembran, sie ist meist ein zartes, glattes, strukturloses Häutchen, das entweder eine Ausscheidung des Protoplasma oder eine Umwandlung seiner peripherischen Schichten darstellt; ferner: Fetttröpfchen, Pigmentkörner aller Art, Körner von Glycogen, Eleïdin, Fermenten u. s. w.

Die Zellen sind sehr verschieden in Gestalt (kugelig: alle embryonalen Zellen, scheiben-, säulen-, kegel-, spindel-, sternförmig) und in Grösse (mikroskopisch: farbige Blutkörperchen bis makroskopisch: Vogelei).

Bildung und Fortpflanzung der Zellen.

Man unterschied früher (Schwann) freie Entstehung der Zellen und ihre Entstehung durch Vermittelung anderer Zellen. Nach der ersteren, der Urzeugung, Generatio aequivoca, sollten sich die Zellen in einer gestaltungsfähigen Flüssigkeit, Cytoblastem,[1]) bilden. Diese Anschauung ist jetzt gänzlich verlassen. Wir nehmen nur noch die andere Art der Zellenbildung an, die durch Teilung schon vorhandener Zellen.[2]) Diese kann innerhalb der ursprünglichen (von einer sehr festen Membran umgebenen) Zelle

---

[1]) κυτος Bläschen, βλαστημα Keimstoff.

[2]) Nachdem man mehr und mehr erkannt hatte, dass bei den höheren Tieren, wie sie selbst alle aus einer Zelle, der befruchteten Eizelle, hervorgehen, so auch alle später auftretenden Zellen, normale wie pathologische, aus anderen, vorherexistierenden entstehen, wandte man das Problem der Urzeugung auf die niedersten Tiere, (einzellige, Bakterien, Infusorien) an. Aber auch hier hat sich eine solche nicht nachweisen lassen. Sodass der Satz omne vivo ex vivo für jetzt fast axiomatische Bedeutung hat. Dennoch muss die Urzeugung in einer fernen Vorzeit, wo uns bis jetzt noch gänzlich unbekannte Bedingungen herrschten, einmal stattgefunden haben, als überhaupt zum ersten Mal Organisches aus Unorganischem entstand.

eintreten, endogene Zellenteilung (Pflanzen, Knorpel, Ei), oder die Elemente spalten sich selbst vollständig, freie Zellenteilung. In beiden Fällen tritt der Mehrzahl nach Zweiteilung ein, indem erst der Kern, dann die Zelle sich in zwei zerlegt. Hierbei erfolgt eine besondere Anordnung der Kernbestandteile nach bestimmten Gesetzen: Dies ist die indirekte oder mitotische[1]) Teilung.

Diese beginnt damit, dass das Centrosoma aus dem Kern in das Protoplasma wandert, dort gehen in radiärer Richtung feinste Fädchen von ihm aus, Attraktionsphäre. Das Centrosoma teilt sich in zwei durch die Centralspindel verbundene Centrosome; diese rücken auseinander, wobei die Centralspindel schwindet, und nehmen zwei gegenüberliegende Stellen des Kernes ein, Pol und Gegenpol. Im Kern selbst hat die Chromatinsubstanz sich zu Strängen, quer zur Längsaxe des Kerns, umgebildet. Aus ihnen werden Schleifenstücke, deren Umbiegungsstellen, Scheitel, nach der dem ungeteilten Centrosoma zugekehrten Seite, Polseite, zu liegen, und bilden erst den dichten Knäuel, dann indem sie dicker und in ihrem Verlauf gestreckter werden, den lockeren Knäuel, wo Schleifenscheitel auch an der Gegenpolseite sich finden. Von den Centrosomen, umgeben von ihrer Attraktionssphäre, Polstrahlung, gehen die Fäden zu den chromatischen Schleifen in Gestalt einer Spindel, Kernspindel. In deren Äquator, die künftige Teilungsebene des Kerns, rücken jetzt die Schleifen so, dass ihre Scheitel gegen die Spindelachse, ihre offenen Enden gegen die Peripherie des Äquators gerichtet sind. Daher erscheint die chromatische Substanz von einer Spindelspitze aus gesehen als Stern, Mutterstern, Monaster. Die Schleifen teilen sich nunmehr, oft schon früher, der Länge nach, sodass aus jeder zwei Schwesterschleifen entstehen. Dann erfolgt die Teilung des Kerns genau in zwei Hälften, indem in Folge der Kontraktion der Spindelfäden die eine Hälfte der Schleifen zu einem Pol, die andere zum andern Pol gezogen wird, Metakinesis. Es erscheinen jetzt die Kernsegmente als zwei Tochtersterne, oder als Dyaster. Jeder Tochterstern bildet sich nun in ähnlicher Weise zum ruhenden Kern zurück.

Die Dauer solcher Teilung beträgt ca. $^1/_2$ Stunde (beim Menschen) bis 5 Stunden (bei Amphibien).

In seltenen bes. pathologischen Fällen erfolgt nach diesem Typus gleichzeitige Teilung in mehr als zwei Kerne.

Der Mitose gegenüber steht die direkte oder amitotische Teilung, wobei die Kerne einfach zerschnürt werden. Diese kommt bei Wirbeltieren wahrscheinlich nur bei Zellen vor, die zu Grunde gehen (Leucocyten, Epithelzellen).

Lebensdauer der Zellen.

Die Lebensdauer aller Zellen ist eine unbeschränkte: die alten gehen zu Grunde und neue treten an ihre Stelle; am auffälligsten ist dies an den geschichteten Oberhautgebilden, wo selbst ganze Organe, die Haare, ausfallen und neue sich bilden. Ab-

[1]) μιτος Faden.

sterbende Zellen sind charakterisiert durch Volumenabnahme des Kerns und des Protoplasma; dieses färbt sich oft stärker, während die chromatische Substanz des Kerns abnimmt oder in Gestalt unregelmässiger Klümpchen sich zeigt. Auch Vakuolen in Protoplasma und Kern sind Absterbeerscheinungen der Zellen.

Wachstum der Zellen.

Das Wachstum der Zellen kann ein allseitiges sein, wenn die Grössenzunahme ohne Aenderung der Form erfolgt (Eizelle, die meisten Knorpelzellen), oder es ist ein einseitiges; dann entstehen verlängerte Zellen (Cylinderzellen, glatte und gestreifte Muskelzellen) oder sternförmige oder verästelte Zellen (Bindegewebszellen, verästelte Muskelzellen, viele Nervenzellen).

Stoffwechsel der Zellen.

Die meisten Zellen nehmen die Nahrungsstoffe gasförmig oder gelöst auf. Dabei wird die ganze Oberfläche von ihnen umspült und tritt entweder direkt in chemische Beziehung zu ihnen; oder eine Membran umschliesst die Zelle, dann müssen die Stoffe erst in diffusible Form übergeführt werden.

Geformte Nahrung wird nur von wenigen Zellen aufgenommen: einzellige Organismen wie viele Infusorien, bei höheren Tieren die Leucocyten oder weissen Blutkörperchen, daher Phagocyten genannt, und die Darmepithelzellen.

Die Aufnahme geschieht immer durch aktive Bewegung, entweder an jeder beliebigen Stelle der Zelle: alle amoeboiden Zellen, wie Rhizopoden, Leucocyten, Darmepithelzellen. Dies ist leicht unter dem Mikroskop zu beobachten; es umschliesst allmählich das Protoplasma den Nahrungskörper. Die Leucocyten haben so die für den Schutz des Körpers wichtige Fähigkeit, Bakterien aufzufressen (baktericide Eigenschaft). Die Darmepithelzellen nehmen mikroskopische Fetttröpfchen auf vermittelst der (als gestreifter Saum erscheinenden) Protoplasmafortsätze. Oder die Aufnahme erfolgt durch eine kleine Oeffnung der Zellenwand direkt ins flüssige Innere, Endoplasma. Wimpern oder Geisseln führen dann durch ihr Schlagen die Nahrungsstoffe heran, wie es z. B. bei der Vorticella sehr deutlich zu sehen ist.

Auch besitzt die lebendige Zelle die Fähigkeit der Nahrungsauswahl: Jede Zellle wählt das aus ihrer Umgebung aus, was für ihren Aufbau nötig ist. Merkwürdig ist, wie gewisse frei

lebende Zellen, z. B. Vampyrella, ihre Nahrung sich aufsuchen.

Alle geformte Nahrung muss, damit sie verwendet werden kann, in den gelösten Zustand übergeführt werden. Corpora non agunt nisi soluta. Diese Ueberführung heisst Verdauung.

Bei den wenigen Zellen, die direkt geformte Nahrung aufnehmen, findet der Vorgang in der Zelle selbst, findet eine „intracellulare Verdauung“ statt. Bei den meisten anderen Zellen muss jene Umwandlnng in den löslichen Zustand ausserhalb der Zelle erfolgen, „extracellulare Verdauung“. Dies geschieht unter Einwirkung bestimmter Sekrete, „Verdauungssekrete“, welche gewisse Zellen abgeben. Die dann erfolgende Aufnahme der gelösten Stoffe heisst Resorption.

Die Abgabe der Stoffe geschieht ebenfalls in gasförmigem, in gelöstem oder in geformtem Zustand. Im letzteren Falle werden entweder die in der Zelle schon geformt liegenden Massen einfach nach Aussen abgegeben, oder die ausgeschiedenen Stoffe befinden sich in der Zelle noch im gelösten Zustande und werden im Augenblick der Ausscheidung fest (Chondrin, Chitin, Kalk). Die abgegebenen Stoffe teilt man in Exkrete und Sekrete (s. Drüsen). Es gehören dazu auch die festen und flüssigen Intercellularsubstanzen.

Bewegungserscheinungen der Zellen.

1. Ohne Aenderung der Gesamtform der Zelle.

Eine solche Bewegungsform ist die Saftströmung bei sehr vielen Pflanzenzellen und gewissen tierischen (Knorpel-) Zellen; auch die pulsierenden Vacuolen gewisser Protisten gehören hierher.

2. Mit Aenderung der Form.

Dafür liefern das typische Beispiel die Amöben, daher amöboide Bewegung genannt: Fortsätze werden nach verschiedenen Richtungen hin ausgestreckt und wieder eingezogen. Wie oben erwähnt, dient dieselbe zur Nahrungsaufnahme, sie ermöglicht aber auch die Ortsveränderung. Sie kommt wie bei den Amöben, ebenso an den farblosen Blutkörperchen, Lymphzellen und verwandten Elementen vor (lymphoïde oder Wander-Zellen). Die Rhizopoden oder Radiolarien bilden mit ihren sog. Pseudopodien, den Saugröhren oder Fangfäden, den Uebergang zur folgenden Gruppe.

3. Bewegungen durch besondere Organe.

Hierher gehören die beweglichen Anhänge der Protisten, als Wimpern, Tentakeln, Geisseln, Borsten u. s. w.; ferner die kontraktilen

Fibrillen, „Myonemen“ genannt, der ciliaten Infusorien; schliesslich die Wimper- und Flimmerhaare bei höheren Tieren. Solche Flimmerzellen kommen auch beim Menschen auf manchen Schleimhäuten vor: Atmungswegen, Uterus, Tuben, Ependym der Hirnhöhlen.

Die Flimmerbewegung ist eine geordnete Bewegung; sie ist monotrop und metachron, d. h. die kleinsten Teilchen eines Flimmerhaares bewegen sich nur nach bestimmter Richtung und in regelmässiger Folge. Ausserdem kommt ihr Rhythmicität zu. Indem sie nach der einen Seite schneller geschieht als nach der andern, können kleine Körperchen in jener Richtung vorwärts bewegt werden. Die Flimmerbewegung wird durch O, durch schwache Alkalien, durch elektrische Ströme begünstigt. Verdünnte Säuren, CO_2 heben sie auf. Zu ihrer Veranschaulichung dient die Flimmermühle.

4. Bewegungen besonders umgewandelter Zellen.[1])

Solche Zellen sind die Samenfäden, welche sich durch besondere aus Teilen des Kerns entstandene Fäden und membranöse Bildungen (undulierender Saum) bewegen (s. Zeugung). Die Bewegung kann durch dieselben Mittel verstärkt oder gelähmt werden, wie die Flimmerbewegung.

Ferner gehören hierher die eigentlichen Muskelzellen.

In chemischer Beziehung ist der kontraktile Zelleninhalt überall ein N-haltiger, zu den Eiweisskörpern gehöriger Stoff; am besten ist der aus den Muskeln bekannt, das Mysoin. In physikalischer Beziehung ist derselbe überall als anisotrop nachgewiesen.

5. Bewegungen durch Wirkung einseitiger Reize.

Wirken gewisse Reize von einer Seite her, so kann Bewegung nach dieser Seite (positive Wirkung) oder von ihr weg (negative Wirkung) zu Stande kommen:

a. Chemotropismus oder Chemotaxis. Gewisse Bakterienformen, die in faulenden Aufgüssen leben, sammeln sich in grossen Massen in der Nähe von Sauerstoffquellen an. Dieses

---

[1]) Die Brown'sche Molekularbewegung ist auf rein physikalische, vom Leben unabhängige Ursachen zurückzuführen. Sie findet sich in Flüssigkeiten, die feine Partikelchen enthalten, als Zittern oder Tanzen derselben, aber auch in Zellen (Pigmentzellen der Chorioidea, Schleimkörperchen).

Verhalten der Bakterien kann man daher zum mikroskopischen Nachweis kleinster O-Mengen anwenden. Eine wichtige Rolle spielt der Chemotropismus bei der Befruchtung. Das Spermatozoon wird durch die Stoffwechselprodukte des Eies zu ihm hingeleitet.

b. Geotropismus, die Erscheinung, dass gewisse Organismen in Bezug auf ihre Medianaxe der Richtung der Schwerkraft unterliegen; ist am längsten bei den Pflanzen bekannt. Die Wurzeln wachsen dem Erdmittelpunkt zu, der Stamm von ihm weg. Auch an gewissen Paramäcien beobachtet, die in einer offenen oder geschlossenen Glasröhre sich immer am oberen, dem geringeren Druck entsprechenden Ende ansammeln.

c. Heliotropismus oder Phototaxis. Ebenfalls längst an den Pflanzen bekannt. Bakterium photometricum lässt sich, wenn eine Stelle allein im Gesichtsfeld sehr hell erleuchtet ist, in ihr, wie in einer Falle, „Lichtfalle“, fangen.

d. Thermotropismus. Wird ein Objektträger auf einer Seite auf 38°, auf der anderen auf 26° erwärmt, so fliehen gleich verteilte Paramäcien alle nach der letzteren Seite zu.

e. Galvanotropismus. Geht ein konstanter Strom durch einen mit gewissen Rhizopoden oder Infusorien angefüllten Tropfen, so versammeln sich die einen an der Anode, die anderen an der Kathode, noch andere (Spirostomum ambiguum, ein Wimperinfusorium) stellen sich quer zur Richtung des Stromes.

Die Dignität der Zellenbestandteile.

In Bezug hierauf lässt sich sagen, dass der Stoffwechsel der Zellen hauptsächlich am Protoplasma abläuft; dieses ist also der bei dem Chemismus der Zelle vorzugsweise beteiligte Stoff. Der Kern dagegen, wie er die Befruchtung bedingt, ist auch der Träger der Vererbung; er spielt daher auch eine wesentliche Rolle bei der Zellenteilung. Ferner aber kommt ihm noch Bedeutung zu für das Wachstum und die Gestaltung der Zellen, für die Bildung von Niederschlägen und Auflösung von Zellenteilen und schliesslich für die Sekretion.

3. Allgemeine Muskelphysiologie.

Man unterscheidet zwei Arten von Muskeln: quergestreifte und glatte Muskeln.

Die quergestreiften Muskeln.

Sie sind meist cylindrische oder walzenförmige Gebilde, die die Fähigkeit haben sich zu verkürzen, zu kontrahieren. Sie bilden die Organe, durch welche die aktiven Bewegungen ausgeführt werden und äussere Arbeit geleistet wird. Sie bestehen aus Zellen, die durch kolossales Längenwachstum, durch wiederholte Teilung der Kerne, sowie durch Differenzierung ihres Protoplasma zu höchst komplizierten Gebilden sich gestaltet haben.

Feinerer Bau.

Die einzelnen Muskelfasern sind cylindrische Fäden bis zu 12 cm Länge und 10—100 μ[1]) Dicke. Starke Muskeln besitzen dicke, zarte Muskeln dünne Fasern; grössere Tiere besitzen dickere Muskelfasern als kleinere. Unter dem Mikroskop zeigen die Fasern Querstreifung und Längsstreifung. Erstere kommt zu Stande dadurch, dass breite dunkle Querbänder von anisotroper (doppeltbrechender) Substanz abwechseln mit schmalen hellen Querbändern von isotroper (einfachbrechender) Substanz. Die Längsstreifung rührt her von Fibrillen. Diese sind das wesentliche, contractile Element der Muskelfasern.

Jede Fibrille besteht aus den abwechselnd aufeinanderfolgenden Schichten von isotroper und anisotroper Substanz. Jede der Schichten lässt noch eine weitere Gliederung erkennen. In der schmalen isotropen (hellen) Querschicht findet sich in der Mitte ein dunkler Streifen, Zwischenscheibe, zu beiden Seiten davon ein dunkles Scheibchen, Nebenscheibe. In der breiten anisotropen (dunklen) Querschicht findet sich in der Mitte ein heller Streifen, die Mittelscheibe.

---

[1]) Ein Mikron = 1 μ = 0,001 mm.

Mehrere Fibrillen, parallel neben einander gelegt, bilden ein Bündel, Muskelsäulchen; sie werden durch das Sarkoplasma zusammengehalten. Mehrere Muskelsäulchen (ihr Querschnittsbild giebt die Cohnheim'schen Felder) werden wieder durch das Sarkoplasma zu einer Muskelfaser verbunden.

Jede Muskelfaser wird umschlossen von einem strukturlosen Häutchen, dem Sarkolemm.

Neben dem Zerfall in Fibrillen kommt bei manchen Tieren unter der Einwirkung gewisser Reagentien entsprechend den Querstreifen ein Zerfall in Querscheibchen vor, Bowmann'sche Discs.

Der motorische Nerv steht mit dem Muskel in continüierlicher Verbindung. Das Neurilemm geht in das Sarkolemm über. Der Axencylinder verzweigt sich in einem eigentümlichen Endorgan von körniger Struktur, der „Nervenendkugel" oder „Nervenendplatte".

Chemische Zusammensetzung.

Der Muskel besteht zum grössten Teil aus Wasser, etwa 75 $^0/_0$, und aus festen Bestandteilen, etwa 25 $^0/_0$.

Unter den letzteren sind organische:

a) Eiweissstoffe, besonders das Myosin, welches den Hauptinhalt der Muskelfaser ausmacht (etwa 15 $^0/_0$). Lässt man einen Muskel gefrieren, zerreibt ihn dann zu Pulver und presst die wieder aufgetaute Masse durch ein Tuch, so erhält man eine trübe, gelbliche Flüssigkeit, Muskelplasma; Reaktion neutral oder schwach alkalisch. Bald tritt darin eine Gerinnung ein; das Myosin scheidet sich in Flocken aus, das klare Muskelserum bleibt zurück; Reaktion sauer. Neben dem Myosin kommt noch ein roter Farbstoff vor, der mit dem Hämoglobin identisch ist; ausserdem einige andere bis jetzt wenig bekannte Eiweisskörper.

b) Stoffe der regressiven Metamorphose der Eiweisskörper als Kreatin, Kreatinin, Xanthin und Hypoxanthin, ausserdem die unbekannte Inosinsäure.

c) Einige Kohlehydrate wie Glycogen, Dextrose (Muskelzucker), Inosit. Letzterer findet sich von allen tierischen Geweben nur im Muskel; er reduciert nicht, ist optisch inaktiv, unterliegt nur der Buttersäuregärung. Er schmeckt süss, ist aber kein Zucker, sondern ein Alkohol der aromatischen Reihe.

d) Säuren: Fleischmilchsäure.

Von anorganischen festen Bestandteilen sind gewisse Salze, vor allem das saure phosphorsaure Kali zu nennen. Wie in allen Geweben findet sich auch im Muskel CO_2 enthalten.

Physiologisch unterscheidet man am Muskel den Zustand 1. der Ruhe, 2. der Thätigkeit, 3. des Abgestorbenseins.

1. Zustand der Ruhe.

Die wichtigste Eigenschaft des ruhenden Muskels ist seine Elastizität. Während bei anorganischen Körpern die Dehnung proportional dem angehängten Gewicht ist, zeigt der Muskel, wie die meisten tierischen Gewebe, eine unvollkommene Elastizität, d. h. die Dehnungen wachsen nicht proportional dem Gewicht, sondern in abnehmendem Maasse bei zunehmender Belastung. Trägt man die gleichmässig wachsende Belastung in gleichen Abständen auf eine Abscissenaxe auf und errichtet darin nach unten Ordinaten, welche die erfolgte, den betreffenden Gewichten entsprechende Dehnung darstellen, so erhällt man eine nach oben concave Kurve, die Dehnungskurve. (Bei anorganischen Körpern ist sie eine grade Linie!). Der gedehnte Muskel wird länger und dünner. Im Körper finden sich die Muskeln alle in einem gewissen Grad von Dehnung; schneidet man einen Muskel durch, so ziehen sich seine Schnittenden zurück.

2. Zustand der Thätigkeit.

Die Thätigkeit des Muskels besteht in seiner Verkürzung, Contraction: seine beiden Endpunkte (Ursprung und Ansatz) und die daran befindlichen Skelettteile werden einander genähert. Die Rückkehr in den ruhenden Zustand heisst Erschlaffung, der Muskel wird wieder länger.

Die Mittel, welche den Muskel aus dem ruhenden in den thätigen Zustand überführen, heissen Reize; die Eigenschaft des Muskels, auf diese Mittel thätig zu werden, heisst Reizbarkeit, Irritabilität.

Der physiologische, natürliche Reiz, der während des Lebens die Contraction auslöst, ist der Erregungsvorgang des zugehörigen motorischen Nerven. Ausserdem aber giebt es künstliche Reize. Solche sind:

1. Mechanische: Schlag, Kneifen u. s. w.
2. Chemische: Mineralsäuren (schon in schwacher Concen-

tration), Alkalien (erst in starker Concentration), viele Metallsalze, Ammoniakdämpfe, Glycerin und conc. Zuckerlösungen. 0,75 % NaCl-Lösung (physiologische Kochsalzlösung) ist für die Erhaltung der Erregbarkeit der Muskeln und der Nerven günstig.

3. Thermische: wirken nur sehr unvollkommen. Bei Erwärmung auf 45—50° zieht er sich kräftig zusammen und stirbt ab; er wird starr (s. u.).

3. Elektrische: Der statischen Elektrizität (Elektrisiermaschine, Leydener Flasche) bedient man sich wegen Unbequemlichkeit der Handhabung und Schwierigkeit der Reizabstufung nicht mehr, sondern der fliessenden Elektrizität, des elektrischen Stromes.

Wendet man einen konstanten Strom an, so zeigt sich, dass nur Stromschwankung mit gewisser Geschwindigkeit[1]) (d. h. Änderung der Stromdichte, sei es Stromzunahme: positive Schwankung, sei es Stromabnahme: negative Schwankung), aber nicht der Strom in konstanter Dichte erregend wirkt, also Schliessung (positive Schwankung) und Öffnung (negative Schwankung) oder während der Dauer des Stromes eine plötzlich hervorgebrachte Schwankung (Schwankungsreochord).

Folgen mehrere Reize aufeinander so schnell, dass eine Erschlaffung des Muskels zwischen ihnen nicht eintreten kann, so entsteht eine anhaltende Zusammenziehung, Tetanus. Bei Froschmuskeln sind dazu etwa 12 Reize in der Sekunde nötig, bei Säugetiermuskeln etwa 20. Die natürliche Contraction der Muskeln ist ebenfalls ein Tetanus.

Statt des konstanten Stromes wendet man mit Vorteil den viel stärker wirkenden Induktions-Strom (Faraday) an. Derselbe wird in einem sekundären „inducierten" Stromkreise, in der sekundären Spirale hervorgebracht dadurch, dass in dem primären „inducierenden" Stromkreise, in der primären Spirale der Strom schnell hintereinander unterbrochen, geöffnet und geschlossen, wird. Dies geschieht am einfachsten durch den Wagner'schen Hammer, wobei der Strom sich selbst öffnet und schliesst. Der Induktionsstrom besteht also aus schnell auf-

[1]) Lässt man den Strom sehr langsam anwachsen oder abnehmen, so erfolgt keine Zuckung; man lässt dann den Reiz „einschleichen" oder „ausschleichen".

einander folgenden Stromschwankungen. Infolge des Entstehens und Vergehens des primären Stromes wird aber nicht bloss in der sekundären Spirale ein Strom induciert, sondern auch in der primären selbst. Dieser, auch Extracurrent genannt, ist dem ursprünglichen Strom in der primären Rolle entgegengesetzt gerichtet, wirkt also schwächend auf ihn. Er kann aber nur nach der Schliessung zu Stande kommen, weil dann der primäre Kreis geschlossen ist, während nach der Öffnung kein Kreis, in dem er sich ausbreiten könnte, vorhanden ist. Es wird also durch den Extracurrent der Schliessungsinduktionschlag schwächer gemacht als der Öffnungsinduktionsschlag. Man bekommt abwechselnd eine schwache positive und eine starke negative Schwankung in der sekundären Spirale. Um beide gleich zu machen, dient die Helmholtz'sche Einrichtung.[1]) Der du Bois-Reymond'sche Schlittenmagnetelektromotor, das sog. Schlitteninduktorium, stellt einen für physiologische Zwecke verwendbaren Induktions-Apparat dar, an welchem auch die Helmholtz'sche Einrichtung angebracht ist. Er ermöglicht Induktionsreize sehr genau abstufbar (durch Verschieben der sekundären Spirale) zu verwenden.

Hiermit können wir alle Muskeln bequem tetanisieren und so ihren Thätigkeitszustand untersuchen. Nur der Herzmuskel lässt sich nicht tetanisieren.

Eigene Irritabilität des Muskels.

Besitzt der Muskel eigene Reizbarkeit (Haller), oder wird er nur vermittelst der in ihm enthaltenen Nerven, bez. der Nervenendigungen, also indirekt, mittelbar gereizt? Dass ersteres der Fall ist, beweist:

1. Ammoniak bringt die Nerven ohne Erregung zum Absterben, reizt aber den Muskel; umgekehrt conc. Glycerin und Milchsäure bringen vom Nerven aus Tetanus hervor, reizen aber nicht den Muskel.
2. Das obere Drittel des M. sartorius vom Frosch ist frei von Nervenendigungen, und doch reagiert es auf alle Reize.

---

[1]) Dabei ist im primären Kreise die primäre Spirale als Nebenschliessung angebracht, so dass durch das Spiel des Hammers der primäre Strom selbst nicht unterbrochen wird, sondern nur bei der Öffnung die Nebenschliessung fortgeräumt, die primäre Spirale eingeschaltet, bei der Schliessung die Nebenschliessung hergestellt, die primäre Spirale ausgeschaltet wird. Deswegen kommt bei der Öffnung und bei der Schliessung der Extracurrent zu Stande und wirkt in ganz gleicher Weise schwächend: Öffnungs- und Schliessungs-Induktionsstrom werden gleich.

3. Curaré, amerikanisches Pfeilgift, ein braunes Harz aus dem Safte von Strychnosarten, lähmt die intramuskulären Nervenendigungen. Ein so vergifteter Muskel reagiert selbst auf alle Reize, ist aber von seinem Nerven aus nicht mehr erregbar.

Mechanische Vorgänge im thätigen Muskel.

Gestaltveränderung.

Contrahiert sich der Muskel, so wird er kürzer und dicker. Unter dem Mikroskop zeigt sich, dass dies für jede Primitivfaser gilt. In der Primitivfaser bleibt in jedem Stadium der Contraction die anisotrope, wie die isotrope Substanz an ihrer Stelle, nur nimmt die erstere an Breite zu, die letztere ebensoviel ab.

Volumenänderung.

Da der Muskel zu $^3/_4$ aus Wasser besteht, so muss er so gut wie inkompressibel sein. In der That ist die Volumenverminderung bei der Contraction gleich null.

Grösse der Verkürzung.

Ein Muskel mit regelmässiger Längsfaserung (M. hyoglossus vom Frosch) kann sich bei geringster Belastung und stärkstem Reiz um $^5/_6$ seiner natürlichen Länge verkürzen; bei anderen Muskeln beträgt die grösste Verkürzung etwa $^3/_4$, im lebenden Körper (infolge der grösseren Widerstände durch die Schwere der Glieder und die Antagonisten) nur etwa die Hälfte der natürlichen Länge.

Die Dehnbarkeit.

Sie ist beim contrahierten Muskel grösser als beim ruhenden, d. h. das gleiche Gewicht dehnt den verkürzten Muskel um ein grösseres Stück (absolut genommen) als den ruhenden. Diese paradoxe Thatsache der mit der zunehmenden Contraction abnehmenden Elastizität ist für die Arbeitsleistung des Muskels von grosser Bedeutung.

Der zeitliche Verlauf der Muskelzuckung.

Er wird am besten mit Hilfe des Myographions (Helmholtz) studiert. Dabei greift der Muskel an einem Hebel an und verzeichnet vermittelst desselben seine Bewegungen im vergrösserten Maassstabe auf eine schnell vorbeirotierende berusste Trommel. Eine Stimmgabel von bestimmter Anzahl der Schwingungen in

der Sekunde (z. B. 100) zeichnet diese darunter auf und giebt somit die Zeit an. Man erhält dann eine Zuckungscurve, „Myogramm“. Die Ordinate giebt den Reizmoment an.

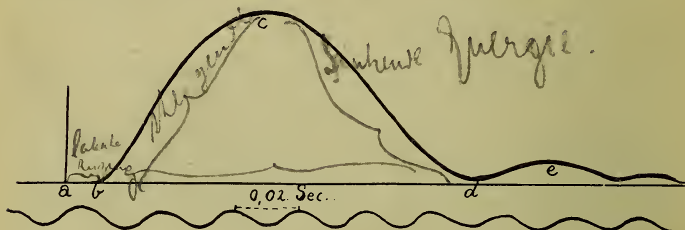


Fig. 1.

Man ersieht, dass die Verkürzung nicht im Moment des Reizes beginnt (a), sondern erst später (b). Die Zeit a b heisst das Stadium der latenten Reizung. b c ist das Stadium der steigenden, c d der sinkenden Energie. Beide sind elastische Nachschwingungen. Die Dauer der ganzen Zuckung beträgt beim Frosch bei Zimmertemparatur 0,1—0,2 Sek., das Latenzstadium etwa 0,004 Sek.

Noch schärfer als auf graphischem Wege kann man die zeitlichen Verhältnisse der Kraftentwickelung des Muskels nach Helmholtz mit der Methode der elektrischen Zeitmessung von Pouillet und mit Hülfe des Froschunterbrechers von du Bois-Reymond bestimmen.

Contractionswelle.

Wird eine beschränkte Stelle des Muskels gereizt, so pflanzt sich die Contraction wellenförmig nach beiden Seiten über den ganzen Muskel fort. Dies geschieht aber nur in den unmittelbar vom Reiz getroffenen Fasern, isolierte Reizung. Dieselbe hat nicht statt beim Herzen und bei den glatten Muskeln. Die Geschwindigkeit der Contractionswelle beträgt beim Frosch etwa 3 m, beim Menschen etwa 10 m in der Sekunde.

Ermüdung.

Wird ein Muskel derartig gereizt, dass die bei der Thätigkeit verbrauchten Stoffe nicht wieder ersetzt werden können, so hört allmählich die Arbeitsleistung des Muskels auf; es tritt Ermüdung ein. Der ermüdete Muskel zeigt ein längeres Stadium der latenten Reizung, eine geringere Hubhöhe, einen ge-

dehnteren Verlauf der ganzen Curve. Wird der Muskel wieder mit neuem Material versehen, so tritt Erholung ein, der Muskel arbeitet wieder. Ruhe und Thätigkeit müssen daher in passender Weise abwechseln. Aber auch die durch die Thätigkeit selbst gebildeten Umsatzprodukte wirken ermüdend auf den Muskel. Diese Ermüdungsstoffe können durch Auswaschen mit $^3/_4$% Na Cl-Lösung beseitigt und der Muskel wieder erregbar gemacht werden.

Isotonische und isometrische Contraction.

Bei der ersteren bleibt die Spannung constant, der Muskel hebt das gleiche kleinste Gewicht auf eine möglichst grosse Höhe, seine ganze Kraft setzt sich in Bewegung, in Verkürzung um. Bei der Isometrie bleibt die Länge constant, der Muskel hebt auf die gleiche kleinste Höhe ein möglichst grosses Gewicht, seine ganze Kraft setzt sich in Spannkraft um. Bei jeder Muskelcontraction im Körper kommen beide Arten des Kraftumsatzes vereinigt vor, es wird sowohl Bewegung als auch Spannung geleistet.

Arbeitsleistung des thätigen Muskels.

Sie setzt sich zusammen aus Kraft und Hub und ist gleich dem gehobenen Gewicht mal der Hubhöhe.

Hub ist die Höhe, zu welcher der Muskel ein bestimmtes Gewicht hebt.

Kraft wird bestimmt durch das maximale Gewicht, das der Muskel eben noch zu heben vermag. Der Hub ist abhängig von der Länge der Muskelfasern, die Kraft von dem physiologischen (d. h. senkrecht auf die Muskelfasern geführten) Querschnitt des Muskels. Der dünne und langfaserige M. sartorius entwickelt daher grossen Hub, aber kleine Kraft; der ebensolange aber kurzfaserige und dicke M. peroneus longus grosse Kraft, aber kleinen Hub. Um die Kraft verschiedener Muskeln vergleichen zu können, reduciert man ihre Kraft auf die Einheit des Querschnitts (1 qcm.), absolute Kraft; sie beträgt bei Froschmuskeln 3 kg, beim Menschen 6—10 kg.

Da bei demselben Muskel bei steigender Belastung die Hubhöhe immer kleiner, und schliesslich 0 wird, so giebt es eine bestimmte mittlere Belastung, für welche das Produkt von gehobenem Gewicht und Hubhöhe am grössten, seine Arbeitsleistung also am stärksten ist.

Muskelgeräusch.

Setzt man auf einen tetanisierten Armmuskel ein Höhrrohr auf, so hört man ein Geräusch oder einen tiefen Ton von etwa

32 Schwingungen in der Sek.; es ist das der erste Oberton des wirklichen Muskeltones von 16 Schwingungen in der Sek. Dieser Ton liefert den Beweis, dass der Tetanus ein discontinuierlicher Vorgang ist, und dass auch bei den willkürlichen Bewegungen eine Anzahl von Reizen, Impulsen (16—20) vom Centralnervensystem zum Muskel geschickt werden. Auch jede einzelne Zuckung ist mit einem Geräusch verbunden, das von der Formänderung herrührt.

Chemische Vorgänge im thätigen Muskel.

Während der zuckende Muskel neutral oder schwach alkalisch reagiert, ist der thätige sauer in Folge gebildeter Fleischmilchsäure; sie entsteht aus Zucker, dieser aus dem Glycogen durch fermentative Spaltung. Ferner verbraucht der thätige Muskel mehr O und bildet mehr CO_2 als der ruhende (bis zum 5fachen Betrage). Die Verbrennungsprozesse sind also ausserordentlich gesteigert. Sie betreffen aber nicht die Eiweisskörper. Der geringe Eiweissverbrauch, der nachweisbar ist, rührt von der Abnutzung der Muskelsubstanz selbst her (wie die Teile einer Maschine bei der Arbeit abgenutzt werden). Die Quelle der Muskelkraft ist nicht die Zersetzung N-haltiger, sondern die Oxydation N-freier, aber C-reicher Stoffe (Kohlehydrate) im Muskel. Dabei werden 30 % (im günstigsten Falle 40 %) der Verbrennungswärme in Arbeit umgesetzt. Da unsere besten Dampfmaschinen nur 10 % (im günstigsten Falle nur 12 %) von der Verbrennungswärme des Brennmaterials in Arbeit umsetzen, so kann man den Muskel als die vollkommenste Arbeitsmaschine bezeichnen, die es giebt.

Thermische Vorgänge im thätigen Muskel.

Der Rest der chemischen Spannkraft wird in Wärme umgesetzt. Dies tritt besonders im Tetanus hervor. Hat der Muskel das Gewicht gehoben, sich verkürzt, so ist seine äussere Arbeit, d. h. Arbeit im mechanischen Sinne, zu Ende. Er leistet jetzt nur noch innere Arbeit, d. h. Wärmebildung. Ebenso nimmt die Wärmebildung zu, wenn der Muskel an der Verkürzung verhindert wird (bei der isometrischen Contraction). Aber auch jede freie (isotonische) Zuckung entwickelt Wärme. Diese beträgt etwa 0,001—0,005° C., der tetanisierte Muskel ergiebt eine Temperaturzunahme von 0,14—0,18° C.

Elektrische Vorgänge im thätigen Muskel.

Hier ist nachzuholen, dass auch der ruhende Muskel elektrische Vorgänge aufweist. Legt man an einen solchen passende (du Bois-Reymond's unpolarisierbare) Elektroden „in wirksamer Anordnung“ an, d. h. so, dass die eine am Längs-, die andere am Querschnitte des Muskels sich befindet, so zeigt sich, wenn im Schliessungsbogen (ableitenden Bogen) eine strommessende Vorrichtung (Galvanometer) angebracht ist, dass ein Strom von Längs- zum Querschnitt geht. (Im Muskel selbst also vom Querschnitt zum Längsschnitt.) Es verhalten sich also:

1) alle Teile des Längsschnittes positiv zu allen Teilen des Querschnittes.

2) Punkte des Längsschnittes, die der Mitte, dem „Äquator“, näher sind, positiv gegen entferntere Punkte. Dieses gesetzmässige Verhalten, den Muskelstrom des ruhenden Muskels[1]), zeigen nur Muskeln, die noch erregbar, noch contractionsfähig sind.

Bei der Contraction nimmt nun dieser Ruhestrom ab, er wächst erst wieder, wenn der Muskel zur Ruhe zurückkehrt. Diesen Vorgang der Abnahme nennt man die „negative Schwankung“ des Muskelstroms; dabei findet die Abnahme nicht continuierlich statt, sondern in einem schnellen Auf- und Absteigen. Dadurch kann, wenn der Nerv eines zweiten Nervenmuskelpräparates auf den ersten Muskel gelegt wird, eine „sekundäre Zuckung“ oder, wenn der erste Muskel in Tetanus versetzt wird, ein „sekundärer Tetanus“ des zweiten Muskels erzeugt werden. Die negative Schwankung, auch Aktionsstrom genannt (weil er beim thätigen Muskel auftritt), beginnt im Augenblick der Reizung.

3. Zustand des Abgestorbenseins.

Vom Organismus getrennte Muskeln bleiben noch eine Zeit lang erregbar, sie „überleben“; Säugetiermuskeln etwa $^1/_2$ Stunde Kaltblütermuskeln viele Stunden bis Tage. Niedrige Temperaturen

---

[1]) Dem gegenüber wird von anderen daran festgehalten, dass der unversehrte ruhende Muskel keinen Strom zeigt, dass derselbe vielmehr erst entsteht durch die infolge der Präparation geschaffene Ungleichheit zwischen natürlichem Längsschnitt und künstlich angelegtem Querschnitt, daher „Demarkationsstrom“ genannt.

begünstigen das Überleben, hohe (über 40°) heben es sehr schnell auf. Dann stirbt der Muskel ab. Er wird kürzer, steif und fest. Dasselbe tritt bei den Säugetiermuskeln nach dem Tode ein und zwar in bestimmter Reihenfolge: Kopf, Hals, Rumpf, obere, untere Extremität. Die Leiche wird starr und steif; daher Totenstarre (Rigor mortis), besser Muskelstarre. Sie beginnt 10 Minuten bis 7 Stunden nach dem Tode und löst sich wieder, nachdem sie 10—18 Stunden bestanden, in derselben Reihenfolge. Die Ursache der Starre ist die Gerinnung des Myosins in der Primitivfaser. Der starre Muskel ist trübe, weisslich, undurchscheinend, wenig dehnbar, leicht zerreisslich. Er reagiert sauer; dies rührt her von der Bildung von Fleischmilchsäure, die neben CO_2 aus den vorhandenen Kohlehydraten entsteht.

Auch Erwärmen auf 45—50° C., Säuren, Chloroform machen den Muskel starr (wärmestarr, säurestarr, chloroformstarr).

Glatte Muskeln.

Bestehen ebenfalls aus Fibrillen, die aber keine Differenzierung weiter zeigen, man hat sie daher auch „längsgestreifte Muskeln“ genannt. Sie haben kein Sarkolemm.

Sie finden sich hauptsächlich in der Wand von röhrenförmigen Hohlorganen (Darm, Ureter, Tuben, Uterus). Findet hier eine Contraction an einer Stelle statt, so pflanzt sie sich wellenförmig, peristaltisch, über das ganze Hohlorgan fort. Alle Vorgänge bei der Contraction laufen an glatten Muskeln viel (fast 100 mal) langsamer ab als an den quergestreiften. Glatte Muskeln werden weniger durch Stromschwankungen, als durch die Dauer des Stromes erregt. Sie reagieren weder bei der Thätigkeit, noch beim Absterben sauer.

4. Allgemeine Nervenphysiologie.

Das Nervensystem besteht aus *Neuronen*[1]) oder *Neurodendren*, als seinen wesentlichen Elementen. Es sind dies für sich bestehende anatomische und physiologische Einheiten, die unter einander nicht direkt verbunden sind, nicht in Kontinuität stehen, sondern nur durch *Kontiguität* oder Kontakt auf einander wirken.

Jeder Neuron (jedes Neurodendron) besteht

1. aus der Nervenzelle mit ihren Protoplasma- (Deiter'schen) Fortsätzen, *Dendriten*,

2. aus dem Achsencylinderfortsatz oder *Neuraxon* (Axon) mit seinen Endbäumchen.

Die Achsencylinderfortsätze setzen die Nervenfasern und -stränge zusammen. In den Centralorganen besitzen sie auch seitliche Äste, Collateralen, die ebenfalls mit Endbäumchen endigen, und mit anderen Dendriten in Kontakt treten können.

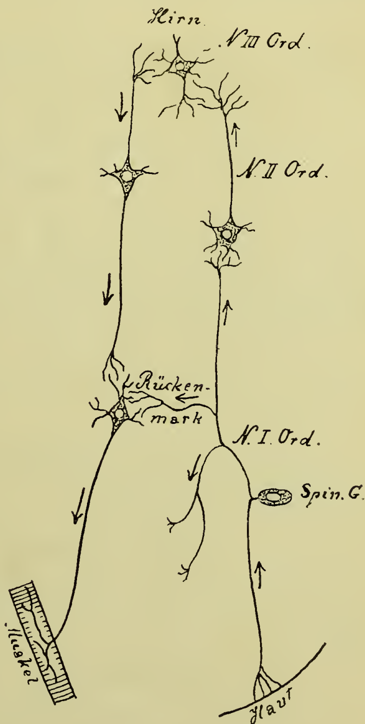


Fig. 2. Neuronenschema.

Die Dendriten leiten cellulipetal, die Neuraxone cellulifugal. Die peripherische sensible Faser ist als ein verlängerter Dendrit anzusehen.

---

[1]) Der Neuron, die Neuronen.

An einen Neuron kann sich ein zweiter und dritter anschliessen, indem das Endbäumchen des zweiten in Kontakt tritt mit den Dendriten des ersten u. s. w.: motorische Bahn, oder indem das Endbäumchen des ersten in Kontakt tritt mit den Dendriten des zweiten u. s. w.: sensible Bahn. Man spricht dann von Neuronen I., II., III. u. s. w. Ordnung (cfr. Fig. 2).

Jeder Neuron ist hervorgegangen aus einer embryonalen Nervenzelle (Neuroblast); aus ihr wachsen Dendriten und Neuraxone hervor.

A. Die Nervenzellen.

Die Nervenzelle oder Ganglienzelle findet sich im Gehirn, Rückenmark, peripherischen Ganglien (Spinal-, sympathischen G. oder in peripherischen Organen, Sinnesorganen, Haut).

Ihre Gestalt ist sehr wechselnd (kugel-, birn-, spindelförmig, vieleckig), ebenso ihre Grösse von 5μ—150μ. Sie haben meist keine Zellenmembran, ihr Protoplasma besteht 1. aus einer leicht gelblichen oder farblosen Grundmasse und 2. aus feinen Körnchen. In den multipolaren Zellen des Rückenmarks ist eine Faserung (Fibrillen) in paralleler oder konzentrischer Anordnung nachgewiesen. Die Kerne sind verhältnismässig grosse runde oder ovale, sehr deutlich hervortretende Bläschen mit einfachen Kernkörperchen.

Die Nervenzellen sind das trophische Centrum der zugehörigen Nervenfaser, wie schon ihre Entwickelungsgeschichte (s. o.) lehrt. Wird die Faser von der Zelle getrennt, so geht sie zu Grunde. Ausgeschnittene Nerven verlieren daher schnell ihre Erregbarkeit. Auch im Körper durchschnittene büssen sie bei Säugetieren nach etwa 2 Tagen vollständig ein, bei Kaltblütern später.

Die Nervenzellen sind reizbar.

a) Indirekt, durch Reize, die ihnen die Dendriten zuleiten, und die sie an die Neurone weitergeben.

b) Direkt, durch in loco wirkende Reize, sie sind automatisch erregbar. So werden die Zellen des Atmungscentrums durch CO_2-Anhäufung und O-Mangel gereizt. Dadurch kommt der normale Atmungsrhythmus zu Stande.

Pathologisch durch Krampfgifte (Strychnin, Tetanus-Ptomaïn). Sie können durch Gifte auch gelähmt werden (Morphium).

Die Nervenzellen haben Einfluss auf die Fortleitung der Erregung. Sie modificieren:

a) die Richtung der Erregung. Sie leiten sie auf andere Bahnen über; von sensiblen Nerven auf motorische oder innerhalb desselben Systems von einer Nervenfasergruppe auf eine andere.

b) die Intensität der Erregung. Sie speichern Erregungen in sich auf, „Summation". Sie verstärken schwache Erregungen (wirken als Relais) oder dämpfen zu starke Erregungen.

c) die Geschwindigkeit der Erregung. Sie halten eine Erregung auf (Hemmung), oder geben sie sofort weiter (Bahnung).[1])

Die Nervenzellen haben ein einsinniges Leitungsvermögen, d. h. ein Erregungsvorgang kann sich nur in einer Richtung fortpflanzen. So leitet das Rückenmark die Erregungen nur von der hinteren (sensiblen) Wurzel zur vorderen (motorischen), niemals umgekehrt.

Die Nervenzellen haben einen sehr lebhaften Stoffwechsel. Wo sie in grösserer Menge vorkommen, wie in der grauen Substanz der Centralorgane, findet sich ein dicht verzweigtes Blutgefässnetz. Aufhebung ihres Kreislaufs hebt schnell ihre Funktion auf.

B. Die Nervenfasern.

Feinerer Bau.

Jeder Nerv besteht aus Bündeln von Nervenprimitivfasern, Neuraxonen. Diese sind nicht straff ausgespannt, sondern wellenförmig locker angeordnet (Fontana'sche Bänderung), um bei den Bewegungen der Glieder nicht gedehnt zu werden. Ein Neuraxon hat (von innen nach aussen):

---

[1]) Dasselbe kann auch innerhalb des ganzen Neuronen-Systems eintreten. Je kürzer, je direkter der Weg einer Erregung ist, um so mehr Bahnung ist vorhanden; je mehr übergeordnete oder nebengeordnete Neuronen sie zu durchlaufen hat, um so mehr Hemmung.

a) Achsencylinder als wesentlichen, jedem Neuraxon zukommenden Bestandteil; er besteht wahrscheinlich aus Fibrillen.

b) Markscheide, Henle'sche Scheide, Nervenmark.

c) Neurilemm, Schwannsche Scheide; diese trägt zahlreiche längliche Kerne.

Nervenfaser mit Markscheide = weisse oder markhaltige Nervenfaser.

Nervenfaser ohne Markscheide = graue, gelatinöse, marklose oder, da sie zumeist im sympathischen Nervensystem vorkommt, auch sympathische Nervenfaser genannt. An markhaltigen Nervenfasern finden sich in gewissen Abständen Einschnürungen, wo das Mark fehlt. Durch Behandlung mit Höllensteinlösungen entstehen hier braune Kreuze, „Ranvier'sche Kreuze." Ausserdem sieht man am Mark selbst von Strecke zu Strecke die Schmidt-Lantermann'schen Einkerbungen (wahrscheinlich Kunstprodukte).

Chemische Zusammensetzung.

Die Nerven bestehen zu etwa 70 % aus Wasser. Feste Bestandteile sind vornehmlich Eiweissstoffe; die Markscheide enthält besonders Chlolestearin und Protagon mit seinem Zerfallsprodukten: Cerebrin und Lecithin (s. chem. Bestdtl.); das Neurilemm liefert elastische Substanz. Ferner finden sich Fette und in geringer Menge anorganische Salze. Die ruhende Nervensubstanz reagiert neutral oder schwach alkalisch, die thätige und abgestorbene sauer.

Das Nervenprincip.

Es ist derjenige seiner Natur nach uns noch unbekannte Vorgang, welcher im Leben den Nerven bei seiner Thätigkeit entlang läuft. Der thätige Nerv unterscheidet sich bis jetzt für uns in nichts von dem ruhenden. Wir müssen daher, um den Thätigkeitszustand des Nerven zu erkennen, einen motorischen Nerven wählen und ihn in Verbindung mit seinem Erfolgsorgan, dem Muskel, lassen, dessen uns erkennbare Bewegung der Nerv eben durch seine Thätigkeit auslöst, Den Nerv in Thätigkeit zu versetzen, das Nervenprincip auszulösen, also eine Muskelzuckung hervorzubringen, dienen folgende

Reize.

a) mechanische: Druck, Schlag, Schnitt.
b) chemische: Wasserentziehung durch Austrocknen, oder durch conc. Salzlösungen, Betupfen mit conc. Alkalien, Glycerin, Milchsäure (cf. Irritabilität des Muskels). 0,75 % Na Cl-Lösung erhält die Erregbarkeit des Nerven.
c) thermische: Temperaturen unter 5° C oder über 45° C.
d) elektrische: Der konstante Strom bei der Öffnung und Schliessung (s. u.) und der Induktionsstrom (s. Muskelphysiologie). Am wirksamsten ist der elektrische Strom, wenn er den Nerven parallel seiner Längsaxe durchfliesst, senkrecht dazu ist er unwirksam.

Alle Reize wirken nur, wenn sie eine Änderung des Zustandes im Nerven mit hinreichender Geschwindigkeit herbeiführen.

Vermittelst des Induktionsstromes (du Bois-Reymond's Schlittenmagnetelektromotor) können wir den Muskel auch vom Nerven aus in Tetanus versetzen, weil der Induktionsstrom aus schnell auf eineinanderfolgenden Reizen, Stromschwankungen, besteht. 12 Reize in der Sekunde, dem Froschnerven appliziert, genügen, um Tetanus hervorzubringen. Auch mechanische Reize in dieser Frequenz wirken tetanisierend (Heidenhain's Tetanomotor).

Erregbarkeit.

Das ist die Fähigkeit des Nerven, auf die eben genannten Reize zu reagieren, d. h. den von ihm abhängigen Muskel zum Zucken zu bringen. Dieselbe ist um so grösser, je kleiner der Reiz ist, der eine Zuckung hervorbringt. Man bestimmt dieselbe, indem man diejenige Entfernung der sekundären Spirale von der primären aufsucht, bei welcher der Öffnungsinduktionsschlag (als der stärkere bei der gewöhnlichen Anordnung ohne Anwendung der Helmholtz'schen Einrichtung s. o. S. 36) noch eben eine Zuckung hervorbringt. Dabei zeigt sich, dass der Nerv eine höhere Erregbarkeit besitzt als der Muskel, dass er schon auf Reize den Muskel zum Zucken bringt, die den Muskel selbst noch in Ruhe lassen. Bei einem durchgeschnittenen, von seinem Centrum getrennten Nerven nimmt die Erregbarkeit in der Nähe der Schnittstelle bald allmählich ab, bis schliesslich die stärksten Induktionsströme keine Zuckung mehr geben: der Nerv ist „abgestorben".

Mit der Zeit schreitet dieses Absterben von der Schnittfläche nach dem Muskel zu fort, sodass schliesslich der ganze Nerv unerregbar ist, während der Muskel, da er später abstirbt, noch erregbar bleibt. Dieses Fortschreiten des Absterbens am Nervmuskelpräparat vom Centrum nach der Peripherie, das man das Valli-Ritter'sche Gesetz nannte, ist heut eine selbstverständliche Folgerung aus der Neuronenlehre, da ja die Zelle das trophische Centrum des Neurons ist. Hohe Temperaturen und Trockenheit begünstigen das Absterben. Der Abnahme der Erregbarkeit geht beim Absterben eine Erhöhung voraus, diese letztere kann man an jeder Stelle des Nerven hervorbringen, indem man oberhalb derselben einen neuen Querschnitt anlegt.

Unermüdbarkeit des Nerven.

Durch neuere Versuche ist man zur Annahme geführt worden, dass eine Ermüdbarkeit des Nerven so gut wie gar nicht eintritt. Von denjenigen sehr starken Reizen, welche scheinbar an der gereizten Stelle eine Ermüdung herbeiführen, indem der Nerv dort leitungsunfähig und unerregbar wird, ist es wahrscheinlich, dass sie überhaupt mit einer tiefer greifenden Alteration des Nerven verbunden sind.

Stoffwechsel des Nerven.

Mit der Unermüdbarkeit hängt zusammen, dass der Stoffwechsel des Nerven ein äussert geringer ist. Chemische Unterschiede in der Zusammensetzung des thätigen und des ruhenden Nerven haben sich bis jetzt nicht ergeben, ebensowenig hat sich eine Wärmebildung infolge der Thätigkeit konstatieren lassen.

Degeneration und Regeneration.

Wie schon oben mitgeteilt, verfällt ein von seiner Zelle, seinem trophischen Centrum, getrennter Nerv der Degeneration. Es tritt fettige Metamorphose ein, beginnend mit Zerklüftung der Markscheide und des Axencylinders. Auch am centralen Stumpf tritt Zerfall (traumatische Degeneration) ein, aber nur bis zum nächsten Schnürring! Ein zerschnittener Nerv kann unter günstigen Bedingungen sich vollständig wieder herstellen. Die Restitution geht vom centralen Stumpf allein aus, doch kann der peripherische Stumpf dem neuwachsenden Nerven gewissermassen als

Leitseil dienen (daher die Nervennaht der Chirurgen nicht überflüssig). Zuerst bilden sich marklose Axencylinder mit Schwann'scher Scheide; zu dieser Zeit ist die Leitungsfähigkeit vorhanden, aber noch nicht die Erregbarkeit. Erst dann tritt die Markscheide auf.

Erregungsleitung des Nerven.

Sie ist wohl zu unterscheiden von der Erregbarkeit.

a) Continuität der Leitung.

Wird der Nerv an einer Stelle gereizt, so wird dort das Nervenprincip in Thätigkeit gesetzt, es läuft als Erregungswelle von der Applikationsstelle des Reizes den Nerven entlang bis zum Muskel fort. Ist auf diesem Wege die Nervenfaser irgendwo unterbunden, gequetscht, durchschnitten, oder überhaupt ihre normale Beschaffenheit alteriert, so ist an dieser Stelle für die Erregungswelle der Durchtritt unmöglich. Wohl aber kann unterhalb dieser Stelle durch jeden Reiz eine neue Erregungswelle ausgelöst und der Muskel zum Zucken gebracht werden. (Froschpistole.)

b) Isolierte Leitung.

Die Erregungswelle läuft in einem Nervenstamme nur in denjenigen Fasern ab, welche direkt gereizt werden; sie breitet sich nicht in querer Richtung auf benachbarte Fasern aus.

c) Doppelsinnige Leitung.

Während im Leben das Nervenprincip in den Fasern nur nach einer Richtung hin abläuft (bei den motorischen und sekretorischen Nerven vom Centrum nach der Peripherie, centrifugal; bei den sensiblen von der Peripherie zum Centrum, centripetal),[1] zeigt sich im Versuch bei Anwendung künstlicher Reize, dass die Erregung sich nach beiden Seiten ausbreiten kann; die Nerven haben „doppelsinniges Leitungsvermögen". Beim M. gracilis des Frosches teilt sich der ihn versorgende motorische (centrifugale) Nerv in zwei Äste für den oberen und unteren Teil des Muskels. Durchschneidet man den Muskel quer in der Mitte und trennt so die beiden Teile, ohne die Nervenäste zu schädigen, so erhält man bei Reizung des einen Teils des Muskels auch Zuckung des

[1]) Ausser den centrifugalen und centripetalen Nerven giebt es auch noch intercentrale, die Teile der Centralorgane selbst verbinden.

anderen. Es hat sich also der Reiz in den zum gereizten Muskelstück gehörigen Nervenast centripetal ausgebreitet und ist so zum anderen Ast übergetreten. Auch die negative Schwankung (s. u.) pflanzt sich nach beiden Richtungen hin im gereizten Nerven fort.

d) Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erregung.

Die Erregung, das Nervenprincip, läuft von der gereizten Stelle mit verhältnismässig geringer Geschwindigkeit den Nerven entlang; für den Froschnerven beträgt sie 28 m in der Sekunde. Sie wird ermittelt, indem man den Nerven an einer dem Muskel möglichst nahen und an einer möglichst davon entfernten Stelle reizt und jedesmal die Zeit bis zum Beginn der Zuckung misst. Die Differenz der beiden Zeiten giebt die Dauer an, welche das Nervenprincip nötig hatte, das zwischen den beiden Reizstellen gelegene Nervenstück zu durchlaufen.

Die Zeitmessung geschieht mit Hülfe der elektrischen Methode von Pouillet. Auch die graphische Methode kann man anwenden mit Hülfe des Helmholtz'schen Cylinder- oder des du Bois-Reymond'schen Feder-Myographions.

Erniedrigung der Temperatur setzt die Geschwindigkeit des Nervenprincips herab, Steigerung beschleunigt sie. Daher ist sie bei Warmblütern grösser. Beim Menschen hat sich die Fortpflanzungsgeschwindigkeit zu etwa 40 m in der Sekunde ergeben.

Elektrische Vorgänge im Nerven.

a) Der ruhende Nerv zeigt elektrische Vorgänge, den Ruhestrom, in derselben Gesetzmässigkeit wie der ruhende Muskel. Jeder Punkt des natürlichen Längsschnittes verhält sich stark positiv gegen jeden Punkt des Querschnittes.[1]) Zwei unsymmetrische, vom Äquator ungleich weit entfernte Punkte verhalten sich elektromotorisch verschieden. Dabei ist die elektromotorische Kraft des Nerven wahrscheinlich bedeutender als die des Muskels. Nur lebende Nerven zeigen diesen Ruhestrom und zwar alle bei allen Tieren.

b) Im thätigen Nerven findet, wie im thätigen Muskel, eine Abnahme dieses Ruhestromes statt; es tritt die negative Schwankung des Nervenstroms ein. Diese kann so stark sein,

---

[1]) Der Ruhestrom geht also im Schliessungsbogen vom Längs- zum Querschnitt, im Nerven selbst dementsprechend umgekehrt.

dass der Strom sogar entgegengesetzte Richtung, vom Querschnitt zum Längsschnitt annimmt.

Da die negative Schwankung nur der Ausdruck der auftretenden Erregungswelle ist, so muss sie dieselbe Fortpflanzungsgeschwindigkeit, wie diese haben, was in der That zutrifft.

Die negative Schwankung pflanzt sich nach beiden Richtungen hin (centrifugal und centripetal) im Nerven fort; daher auch die Erregungswelle. Folglich haben die Nerven doppelsinniges Leitungsvermögen.

c) Änderungen der elektrischen Vorgänge treten im Nerven ein, wenn er von einem konstanten Strom durchflossen wird.[1]) Alsdann wird der Nervenstrom auf der anodischen Seite verstärkt, auf der kathodischen geschwächt. In der Nähe der betreffenden Elektrode sind diese Wirkungen am grössten; in der intrapolaren Strecke gehen sie durch einen Indifferenzpunkt in einander über. Da Durchschneiden und Wiederaneinanderlegen oder Unterbinden des Nerven in der intrapolaren Strecke die Vorgänge aufhebt, so können sie nicht herrühren von einer einfachen Fortleitung des konstanten Stromes im Nerven.

---

[1]) Beim konstanten Strom bezeichnet man nach Faraday die positive Elektrode, durch die der Strom eintritt, die also dem positiven Pol und dem negativen Metall an der Kette entspricht, als Anode; die negative Elektrode, durch die der Strom austritt, die also dem negativen Pol und dem positiven Metall an der Kette entspricht, als Kathode; den veränderten Zustand, in den die vom Strom durchflossene Materie gerät, als Elektrotonus. Ferner unterscheidet man intrapolare und extrapolare Strecke. Aufsteigend ↑ heisst der Strom, wenn er vom Muskel zum centralen Ende des Nerven geht; wenn umgekehrt, absteigend ↓.

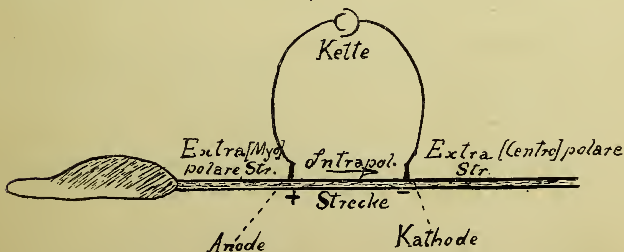


Fig. 3.

Änderungen der Erregbarkeit und Leitung.

Durchleitung des konstanten Stromes bewirkt ferner eine Änderung der Erregbarkeit des Nerven, Elektrotonus. Und zwar tritt an der Anode Verminderung der Erregbarkeit, Anelektrotonus, an der Kathode Erhöhung der Erregbarkeit, Katelektrotonus, ein. Auch hier sind die Veränderungen, je näher der betreffenden Elektrode, um so stärker; auch hier gehen sie in der intrapolaren Strecke durch einen Indifferenzpunkt in einander über. Je stärker der konstante Strom (auch der polarisierende oder elektrotonisierende genannt) ist, um so mehr breiten sich die Wirkungen in den extrapolaren Strecken aus, und um so mehr rückt in der intrapolaren Strecke der Indifferenzpunkt an die Kathode heran.

Ist der durch den Nerven geleitete konstante Strom sehr stark, so kann es an der Anode ausser der Verminderung der Erregbarkeit auch noch zu einer Herabsetzung, ja sogar zu völliger Aufhebung der Leitungsfähigkeit kommen. Dasselbe kann nach der Öffnung des Stromes für kurze Zeit an der Kathode eintreten.

Diese Änderungen der Erregbarkeit und Leitung kommen in Betracht bei der

Reizung des Nerven mit dem konstanten Strom.

Hierbei wirkt als Reiz nur das Entstehen des Katelektrotonus und das Verschwinden des Anelektrotonus, ersteres in stärkerem Grade als letzteres. Es ergiebt sich daraus folgendes Zuckungsgesetz (S = Schliessung, O = Öffnung des Stromes; Z = Zuckung, R = Ruhe des Muskels):

Stromrichtung	Schwacher	Mittelstarker Strom	Starker
↓	S. Z. O. R.	S. Z. O. Z.	S. Z. O. R.
↑	S. Z. O. R.	S. Z. O. Z.	S. R. O. Z.

Schwache Ströme geben nur Schliessungszuckung, weil das Entstehen des Katelektrotonus eben noch als Reiz wirkt.

Bei mittelstarken Strömen kommt zu dieser Schliessungszuckung auch das jetzt als Reiz hinreichend stark wirkende Verschwinden des Anelektrotonus, also auch Öffnungszuckung.

Bei starkem aufsteigenden Strom wird die nach dem Muskel zu gelegene Strecke durch den Anelektrotonus leitungsunfähig gemacht, infolge dessen der Reiz des entstehenden Katelektrotonus nicht passieren kann, daher bei der Schliessung Ruhe. Bei der Öffnung aber wirkt der Anelektrotonus.

Bei starkem absteigenden Strom wirkt der entstehende Katelektrotonus bei der Schliessung als Reiz, daher Zuckung. Dagegen kann bei der Öffnung der verschwindende Anelektrotonus nicht wirken, da gleichzeitig an der Kathode die Leitungsfähigkeit aufgehoben ist.

Fassen wir die Wirkungen des konstanten Stromes auf den Nerven zusammen, so ergiebt sich, dass sie bestehen in:

1. einer Änderung des Nervenstroms,
2. einer Änderung der Erregbarkeit des Nerven,
3. einer Änderung der Leitungsfähigkeit des Nerven,
4. einer Reizung des Nerven.

Und zwar bewirkt:

1. die Schliessung Erregung an der Kathode, Herabsetzung der Leitung an der Anode;
2. die Öffnung Erregung an der Anode, Herabsetzung der Leitung an der Kathode;
3. die Stromesdauer Schwächung des Nervenstroms, aber Erhöhung der Erregbarkeit an der Kathode;
   und Verstärkung des Nervenstroms, aber Herabsetzung der Erregbarkeit an der Anode.

5. Drüsenphysiologie.

Bedeutung und anatomische Einteilung der Drüsen.

Drüsen sind Organe, welche die besondere Funktion haben, gewisse Stoffe, die nicht dem Aufbau des Körpers dienen, zu bilden und auszuscheiden. Diese Funktion ist an Zellen gebunden und zwar an modificierte Epithelzellen. Sie finden sich entweder isoliert zwischen anderen Epithelzellen, man spricht dann von

1. Einzelligen Drüsen.

Sie kommen auch beim Menschen als Becherzellen vor. Sie bestehen anfänglich aus körnigem Protoplasma und einem etwa in der Mitte gelegenen ovalen Kern. Allmählich wandelt sich das Protoplasma in eine helle Masse um, der Rest desselben und der Kern werden gegen die Basis der Zelle gedrängt. Mit der Sekretbildung findet zugleich eine Sekretausscheidung statt, zuerst so, dass jene überwiegt, es kommt zur Sekretanhäufung in der Zelle. Dann aber nimmt die Ausscheidung überhand, zuletzt in dem Maasse, dass die Zelle sich völlig entleert und abstirbt.

Oder mehrere Drüsenzellen senken sich zusammen in die Tiefe ein, es entsteht ein Organ,

2. die mehrzellige Drüse, kurz Drüse genannt.

Sie ist also eine Ausstülpung modificierter Epithelzellen unter die Oberfläche. An diesen Zellen findet gewöhnlich zuerst nur die Sekretbildung statt, bis die ganze und dann vergrösserte Zelle damit gefüllt ist. Erst dann platzt die Zellenwand an der freien Oberfläche, und es tritt allmählich die Sekret-Entleerung ein. Danach rückt in der verkleinerten Zelle der Kern wieder empor, das Protoplasma regeneriert sich, und die Sekretbildung beginnt von neuem. Diesen Vorgang können die meisten Drüsenzellen mehrfach durchmachen. Anders verläuft der Vorgang bei den Drüsen, deren Sekret die Epithel-

zellen selbst sind. Hier gehen die Zellen, nachdem sie die ihnen eigentümliche Entwicklung durchgemacht haben, als solche bei der Sekretion zu Grunde. Doch können Bestandteile von ihnen noch eine hohe biologische Bedeutung haben (Spermatozoen).

Je nachdem die Ausstülpung der Epithelzellen eine cylindrische oder säckchenförmige ist, teilt man die Drüsen anatomisch ein in: tubulöse uud acinöse, und jede dieser Arten wieder in einfache und zusammengesetzte.

Zu den tubulösen Drüsen gehören: Magen-, Schweiss-, Uterin-, Lieberkühn'sche Drüsen; ferner Schleim-, Speichel-, Thränendrüsen; schliesslich Nieren, Hoden, Leber. Da die Tubuli dieser beiden letzteren Drüsen anastomosieren und Netze bilden, so nennt man sie auch „retikuläre Drüsen".

Zu den acinösen Drüsen gehören alle Drüsen, die Fett absondern: Talg- und Milchdrüsen. Ferner die Lunge im embryonalen Zustand.

Feinerer Bau.

Jede Drüse besteht aus dem Drüsenkörper und dem Ausführungsgang.

Der Drüsenkörper.

Er ist der eigentlich secernierende Teil. Er besteht aus einer (meist einfachen) Lage secernierender Zellen, die das Drüsenlumen begrenzen, und einem sie nach aussen umhüllenden strukturlosen Häutchen, der Membrana propria, die aus Bindegewebe hervorgegangen ist. Dieser Membran liegt nach aussen ein sehr dichtes Capillarnetz von Blut- und Lymphgefässen auf; die Drüsen gehören zu den blutreichsten Organen des Körpers. In einigen Fällen (Schweissdrüsen) befindet sich noch zwischen Membrana propria und secernierenden Zellen eine einfache Lage glatter Muskelfasern, die zur Auspressung des Sekretes dienen. In gewissen Drüsen (Fundusdrüsen im Magen) sondern die Zellen nicht nur nach der dem Lumen zugekehrten Seite ab, sondern nach allen Seiten. Dann sammelt sich das Sekret in feinsten Kanälchen, die die Zellen rings umspinnen, den sog. „Sekretkapillaren", diese münden mit einem grösseren Stämmchen in das Drüsenlumen.

Das mikroskopische Aussehen der Drüsenzellen ist verschieden, je nachdem sie ruhend oder thätig sind. In einigen

Drüsen zeigen alle Zellen das gleiche Funktionsbild, in anderen trifft man neben ruhenden Zellen solche in den verschiedensten Phasen ihrer Thätigkeit. So können in vielen Schleimdrüsen die thätigen, sekretgefüllten, vergrösserten Zellen die ruhenden, kleinen ganz an die Membrana propria drängen, hier bilden diese dann die Gianuzzi'schen Halbmonde oder Randzellenkomplexe. Mit dem Funktionszustand ändert auch der Kern sein Aussehen, in der thätigen Zelle erscheint er kompakter und dunkler.

Der Ausführungsgang.

Er stellt den Weg aus dem Drüsenlumen zur Oberfläche dar. Er besteht aus einfachem oder geschichtetem Cylinderepithel, einer umhüllenden Faserhaut und oft noch aus einer Lage von glatten Muskelfasern.

Drüsen ohne Ausführungsgänge, auch geschlossene Drüsen oder Drüsen mit innerer Sekretion genannt, sind die Schilddrüse und das Ovarium. Doch haben beide in embryonaler Zeit Ausführungsgänge gehabt, die im Laufe der Entwickelung obliteriert sind.

Bei manchen Drüsen nimmt der Ausführungsgang noch eine besondere Gestaltung an. Da er zugleich gewisse Stoffe ausscheidet, so muss er zum secernierenden Teil der Drüse gerechnet werden. „Man unterscheidet dann das dem Drüsenkörper zunächst gelegene „Schaltstück“, das mit platten oder kubischen Zellen ausgekleidet ist, darauf folgt die „Sekretröhre‘„ die hohes Cylinderepithel trägt“.

Physiologische Einteilung der Drüsen.

Physiologisch werden die Drüsen eingeteilt nach der Art der ausgeschiedenen Stoffe. Das sind:

a) Zellen, bei den Talgdrüsen, Ohrenschmalzdrüsen, Hoden, Ovarium.

b) Flüssigkeiten. Diese theilt man wiederum ein in:

1. Sekrete[1]) im engeren Sinne, wenn sie dem Organismus im Leben noch nützlich sind.
2. Exkrete, wenn sie nur als unbrauchbare Reste aus dem Körper entfernt werden (Nieren, Lungen, Wollf'sche Körper).

---

[1]) Gewöhnlich bezeichnet man mit Sekretion jede Drüsenabsonderung überhaupt. Ebenso wird Sekret für alle Drüsen-Ausscheidungen gebraucht.

Die Sekrete im engeren Sinne dienen dem Körper zu mannigfaltigen Zwecken: Zur Ernährung des Säuglings die Milchdrüsen, zur Verdauung und Resorption die Drüsen des Verdauungskanals, zur Wärmeregulation des Körpers die Schweissdrüsen, zum Schutz gegen Austrocknung freiliegender zarter Schleimhautflächen die Thränendrüsen, als deckender Überzug für gewisse Hautstellen die Talgdrüsen. Bei vielen Tieren gilt das Sekret als Schutzwaffe, so die Giftdrüsen bei den Giftschlangen und in der Oberhaut vieler Amphibien, die Stinkdrüse des Stinktieres, die dunklen Farbstoff absondernde Drüse des Tintenfisches. Eigenartig ist das Spinndrüsensekret der Spinnen.

Mechanismus der Drüsenabsonderung.

Da die Drüsen von einem überaus dichten Capillar-Netz von Blut- und Lymphgefässen umgeben sind, so glaubte man früher, dass die Sekretion nichts sei, als eine Transfusion, indem teils durch Filtration, teils durch Osmose[1]) die Sekrete aus den Capillaren durch die Membrana propria in das Drüsenlumen hinein durchgeschwitzt würden. Dies trifft aber nicht zu.

Vielmehr ist beim Sekretionsvorgange die Thätigkeit der Drüsenzelle das Wesentliche. Das ergiebt sich aus Folgendem:

1. Die Drüsensekrete enthalten besondere Stoffe, die im Blut nicht so oder überhaupt nicht, nicht einmal präformiert, vorkommen: Verdauungsfermente, Gallenfarbstoffe, Milchzucker, bei vielen Tieren spezifische Gift- und Riechstoffe.

2. Unter gewissen Umständen ist der Druck, unter dem

---

[1]) Unter Transfusion der Flüssigkeiten versteht man den Übertritt oder Austausch von mischbaren und keine chemische Verbindung eingehenden Flüssigkeiten. Dabei unterscheidet man Diffusion, sofern der Durchtritt oder Austausch ohne jeden Druckunterschied oder sogar der Schwere entgegen erfolgt. Den speziellen Fall, wo die Flüssigkeiten nicht direkt in Berührung gebracht werden, sondern durch eine Membran getrennt sind, bezeichnet man als Membrandiffusion oder Osmose. Dieser gegenüber stellt man die Filtration, wobei der Durchtritt der Flüssigkeiten durch poröse Substanzen unter Druck erfolgt. Die durchgetretene Flüssigkeit heisst Filtrat, der Druck, unter dem sie durchgetreten, heisst Filtrationsdruck. Bei der Filtration schliesst die poröse Scheidewand, das Filtrum, in der Regel das Druckrohr unten ab. Die Flüssigkeit steht auf ihr. Im tierischen Körper dagegen kommt die Filtration in anderer Form vor: es strömt die Flüssigkeit an dem Filtrum, der Gefässwand, vorbei, dies nennt man Transsudation. Die Beschaffenheit der tierischen Membran ist bei der Diffusion, wie bei der Filtration von Bedeutung.

das Sekret ausgeschieden wird, grösser als zur selben Zeit der Druck in den Blut-Gefässen der Drüse; auch an ausgeschnittenen Drüsen kann noch Sekretion eintreten.

3. Die Eigenwärme des Sekretes kann diejenige der zuführenden Blutgefässe um 1° C. und mehr übersteigen.

4. Die Sekretion findet bei manchen Drüsen nicht fortwährend statt, sondern hört zu Zeiten auf, obwohl die Drüsenkapillaren doch immer gefüllt sind, und der Blutdruck immer vorhanden ist.

5. Es sind an den Drüsenzellen morphologische Veränderungen nachgewiesen, die mit der Thätigkeit der Drüse parallel gehen.

6. Bei gewissen Drüsen lässt sich nachweisen, dass die Sekretion unter Einfluss des Nervensystems steht. Es giebt Nerven, deren Reizung direkt die Sekretion befördert, sekretorische Nerven. Man hat sogar Nervenfasern bis zu den Sekretionszellen verfolgen können.

Aus alle dem ergiebt sich, dass allein die Drüsenzelle die Ausscheidungen der Drüse bereitet, indem sie teils Stoffe neubildet, teils Blutbestandteile gleichsam in concentriertere Form bringt. Es gleicht daher jede Sekretionszelle „einem kleinen chemischen Laboratorium, in welchem das dem Blut entnommene Material in einer für jede Drüse spezifischen Weise verarbeitet wird.“

Elektrische Vorgänge.

An allen Häuten, welche Drüsen besitzen, lässt sich ein elektrischer Strom nachweisen, der von aussen nach innen gerichtet ist. Es ist wahrscheinlich gemacht, dass dieser auf die Drüsen zurückzuführen ist, und dass die elektromotorischen Kräfte eben den Sekretionszellen zukommen; in allen Drüsen nimmt die secernierende Oberfläche negative Spannung an. Da der elektrische Strom Diffusion erzeugen kann, und andererseits bei der Filtration elektrische Ströme entstehen, so hat man diese Thatsachen mit dem Sekretionsvorgang in Verbindung zu setzen gesucht.

6. Blut und Lymphe.

A. Blut.

Eigenschaften des Blutes.

Das Blut, eine rote Flüssigkeit, cirkuliert in einem weit verzweigten communicierenden Röhrensystem, den Blutgefässen, und ist der eigentliche Vermittler des Stoffwechsels, indem die Gewebe das für sie nötige Material aus ihm entnehmen und ihre Abfälle ihm wieder überliefern.

Farbe: rot (hellrot in den Arterien, dunkelblaurot in den Venen) bei allen Wirbeltieren; ausgenommen Amphioxus lanceolatus, bei dem es, wie bei vielen Wirbellosen, farblos ist. Rot auch bei Schnecken und Regenwürmern. Bräunlich bis bläulich bei den Krebsen. Gelb, auch grün bei Insekten.

Consistenz: klebrig.

Reaktion: alkalisch.

Geruch: süsslich aromatisch, von flüchtigen Fettsäuren (Halitus sanguinis).

Geschmack: salzig und wie Tinte (wegen des im Blut enthaltenen Eisens).

Spez. Gewicht: 1055 (im Mittel), sinkt also unter im Wasser (= 1000).

Wärme: bei Säugern 37—40°, bei Vögeln 41—43° C.

Bestandteile des Blutes.

Das Blut besteht aus einer klaren, gelben Flüssigkeit, dem Plasma, in der zellige Elemente, die roten und weissen Blutkörperchen, in grosser Anzahl gleichmässig verteilt sind.

Aus der Ader gelassen, erstarrt das Blut in wenigen Minuten zu einer weichen Gallerte, es gerinnt. Dabei scheidet sich (besonders schön zu sehen, wenn man das Blut in einem Glascylinder auffängt) eine untere rote gallertige Masse meist in Form eines abgestumpften Kegels, Blutkuchen, Placenta san-

guinis genannt, von der oberen gelblichen klaren Flüssigkeit ab, dem Blutserum Liquor sanguinis.

Die roten Blutkörperchen

(von Swammerdam 1658 beim Frosch, von Leeuwenhoeck 1673 beim Menschen entdeckt). Ihnen verdankt das Blut seine rote Farbe. Es sind Zellen.

Eigenschaften:

Gestalt: kreisrunde, biconcave Scheibchen, Querschnitt biscuitförmig. So bei den Säugetieren, ausgenommen Kamel, Dromedar, Lama; bei diesen sind sie elliptisch biconvex ohne Kern. Elliptisch biconvex mit Kern bei den Vögeln, Amphibien, Reptilien, Fischen.

Consistenz: sehr elastisch, weich und biegsam.

Grösse: beim Menschen Durchmesser 8 μ, Dicke am Rande 2 μ. Von den Säugetieren hat nur der Elephant grössere, der Affe eben so grosse als der Mensch; die kleinsten das Moschustierchen. Sehr gross sind sie bei den Amphibien. Die grössten überhaupt hat Amphiuma tridactylum, 10 mal so gross als beim Menschen.

Zahl: in 1 cbmm beim Mann etwa 5, beim Weibe etwa 4,5 Million. Die Zahl wird bestimmt, indem man mit einem Capillarröhrchen ein genau gemessenes Quantum Blut entnimmt, dasselbe um einen bestimmten Betrag verdünnt und in dieser Verdünnung die vorhandenen Blutkörperchen unter dem Mikroskop in einer besonderen Zählkammer zählt. Die Gesamtzahl beträgt beim Menschen etwa 22 Billionen. Die Zahl ist ausser dem Geschlecht abhängig vom Alter (in der Jugend mehr), von der Spezies, vom Luftdruck (Verminderung desselben setzt Vermehrung der roten Blutkörperchen).

Oberfläche: der in 1 cbcm enthaltenen zählt nach einigen qm; (Gesamtoberfläche = 2816 qm = einem Quadrat von etwa 50 Meter Seite). Die Oberfläche der bei jedem Herzschlag durch die Lunge geworfenen roten Blutkörperchen beträgt rund 50 qm. Diese grosse Oberfläche ist für den Gaswechsel von hoher Bedeutung.

Spez. Gewicht: 1,090, sie sind schwerer als das Plasma. „Senkungsvermögen“ der roten Blutkörperchen ist das

Verhältnis ihres spezifischen Gewichtes zu dem Widerstand, den sie beim Sinken erfahren.

Farbe: bei auffallendem Licht sehen sie rot aus, bei durchfallendem in dünner Schicht grün (Dichroïsmus).

Bau: ein Tropfen frischen Blutes unter dem Mikroskop zeigt infolge der eintretenden Gerinnung, dass sich die roten Blutkörperchen geldrollenartig aneinander legen. Sie haben keine Membran und keinen Kern. Nach Wasserzusatz quellen sie auf; vorher biconcav, nehmen sie nun Kugelform an, der Blutfarbstoff, das Hämoglobin tritt aus, und es bleibt ein protoplasmatischer Teil, eine Gerüstsubstanz, das Stroma, zurück. Nach Zusatz von Wasser entziehenden Mitteln (Salzlösungen) schrumpfen die roten Blutkörperchen und bekommen Stern- oder Maulbeerform. Sie sind entstanden aus den Hämatoblasten, kernhaltigen, gefärbten Zellen, durch mitotische Teilung. Daher haben sie auch anfänglich einen Kern, der aber später verschwindet. Bildungsstätten der roten Blutkörperchen sind rotes Knochenmark beim Embryo, Leber und Milz. Sie sind in fortwährendem Wechsel begriffen, sie gehen zu Grunde und werden durch neue ersetzt. Der Untergang erfolgt in der Leber (dort wird der Gallenfarbstoff aus dem Blutfarbstoff gebildet) und in der Milz.

Chemische Bestandteile.

Die roten Blutkörperchen lassen sich durch verschiedene Mittel in das Stroma und das darin enthaltene Hämoglobin zerlegen, das letztere diffundiert dann in die umgebende Flüssigkeit und bildet eine klare Farblösung. Das Blut ist aus einer Deckfarbe in eine Lackfarbe verwandelt. Solche Mittel sind:

a) Chemische: Aqua destillata, kleine Mengen Äther, Alkohol, Chloroform nach längerem Schütteln, Alkalien und gallensaure Salze.

b) Physikalische: Wiederholtes Gefrieren und Wiederauftauen des Blutes, der elektrische Strom oder elektrische Entladungs-Schläge, Erhitzen auf 60° C.

1. Hämoglobin, der rote Blutfarbstoff.

Man erhält ihn krystallinisch in rhombischen Tafeln, wenn man Blut wiederholt auftauen und gefrieren lässt; es ist der erste

Eiweisskörper, den man krystallisiert erhalten hat. Besteht aus C, H, N, O, S und Fe. Der gesamte Eisengehalt beim Menschen beträgt etwa 3 g (2,36 g).

Das Hämoglobin[1]) ist leicht löslich in Wasser und krystallisiert daraus bei 0° C. Es giebt die meisten Eiweissreaktionen. Charakteristisch und physiologisch wichtig ist seine Fähigkeit sich mit Sauerstoff zu verbinden zu Oxyhämoglobin. Wird Blut mit Luft in Berührung gebracht (in der Lunge, aus der Ader gelassenes durch Schütteln im Glase), so nimmt das Hämoglobin Sauerstoff auf, es entsteht Oxyhämoglobin, das Blut wird hell, scharlachrot (arterielles Blut). Entzieht man dem Blut den Sauerstoff so entsteht O-freies, oder reduciertes Hämoglobin, das Blut wird dunkel, blaurot (venöses Blut). Derselbe Wechsel tritt ein, wenn man Hämoglobinlösung mit O sättigt und dann wieder den O austreibt.

Reduciertes Hämoglobin zeigt Dichroïsmus (s. o.), Oxyhämoglobin nicht. Auch kann man beide selbst in sehr verdünnten Lösungen mit Hülfe des Spectralapparates unterscheiden. Oxyhämoglobin giebt zwei dunkle Streifen zwischen den Frauenhofer'schen Linien D und E im Gelb und Gelbgrün, reduciertes Hämoglobin zeigt an derselben Stelle einen breiteren, weniger dunklen Streifen.

Das Oxyhämoglobin ist eine sehr lockere Verbindung; bei Erniedrigung des Druckes tritt Dissociation derselben ein, daher man im Vacuum der Luftpumpe den ganzen O aus dem Oxyhämoglobin und damit aus dem Blute freimachen kann. Ebenso wirkt auch das Durchtreiben indifferenter Gase wie N oder H. Der O wird ferner durch reducierende Mittel (Schwefelammonium) ausgetrieben. 1 g Hämoglobin bindet etwa 1,5 ccm O (bei 0° C. und 760 mm Hg-Druck).

Methämoglobin ist eine Modifikation des Oxyhämoglobins, in welcher der O fester gebunden ist, erscheint pathologisch (z. B. nach Vergiftung mit chlorsaurem Kali) im Harn. Wird durch Schwefelammonium zu einfachem Hämoglobin reduciert.

[1]) Der Hämoglobingehalt eines Blutes wird auf colorimetrischem Wege bestimmt. Eine kleine Menge Blut wird so lange mit Wasser verdünnt, bis es gleiche Farbe hat, wie eine hergestellte Kontrolllösung von bekanntem Hämoglobingehalt. Aus der Grösse der Verdünnung lässt sich dann der Hämoglobingehalt des zu untersuchenden Blutes berechnen. Fleischel's Hämometer.

Ausser mit O kann sich Hämoglobin auch mit anderen Gasen verbinden: Kohlenoxyd (CO), Stickoxyd (NO) und Schwefelwasserstoff (H_2S).

Kohlenoxyd-Hämoglobin giebt dem Blut eine kirschrote Farbe, ist eine festere Verbindung als Oxyhämoglobin, zeigt ein diesem ähnliches Spectrum, nur sind die Streifen einander näher, kann aber durch reducierende Mittel (Schwefelammonium) nicht in reduciertes Hämoglobin übergeführt werden, aus den beiden Streifen wird also nicht einer. Dem CO-Hämoglobin gleicht das Stickoxyd-Hämoglobin, nur scheint es noch stabiler als jenes zu sein.

Das Hämoglobin lässt sich durch Säuren und Alkalien in seine zwei Bestandteile zerlegen, in:

a) einen Eiweissstoff, Globulin, und

b) Hämatin, einen organischen Farbstoff, der das gesamte Fe des Hämoglobins enthält. Er ist amorph, unlöslich in Wasser, löslich in sauren und alkalischen Flüssigkeiten. Er enthält noch etwas O chemisch gebunden, der ihm durch Schwefelammonium entzogen werden kann, dann entsteht: Hämochromogen. Behandelt man Blut (auch sehr alte Blutflecke) mit Na Cl und Eisessig bei mässigem Erwärmen, so entsteht salzsaures Hämatin, Hämin genannt, unter dem Mikroskop als kleine braunschwarze rhombische Tafeln erkennbar, Teichmann'sche Häminkrystalle.

In alten Blutextravasaten findet sich Hämotoïdin in gelbroten rhombischen Krystallen, es ist eisenfrei und identisch mit dem Bilirubin der Galle.

2. Das Stroma.

Der zweite Bestandteil, die Gerüstsubstanz der roten Blutkörperchen, ist blass, durchsichtig besteht hauptsächlich aus Wasser. Feste Bestandteile sind: Eiweisskörper (Globuline), Cholestearin, Lecithin.

3. Anorganische Bestandteile

der roten Blutkörperchen sind Salze, bes. Kalisalze; Natriumsalze nur in sehr geringer Menge im Gegensatz zum Plasma.

Die weissen Blutkörperchen

(1770 von Hewson entdeckt), Leucocyten genannt, sind rundliche Gebilde mit fein granuliertem Protoplasma, einem oder mehreren Kernen ohne Kernkörperchen, ohne Membran; bei den Säugetieren

meist etwas grösser als die roten Blutkörperchen. Ihre Gestalt ist sehr wechselnd, da sie amöboide Bewegungen zeigen; in der Ruhe kugelig. Zur Unterhaltung der amöboiden Bewegung ist O nötig, Temperaturerhöhung auf Körperwärme begünstigt sie; innerhalb des cirkulierenden Blutes findet sie nicht statt. Doch können die Leucocyten an den Wänden der Capillaren haften bleiben und durch die Stomata derselben in das umgebende Gewebe auswandern, „Wanderzellen“. Das findet besonders bei der Entzündung statt; aus ihnen bilden sich dann die Eiterkörperchen.

Die weissen Blutkörperchen können ferner fremde Stoffe (Fette, Pigment, Bakterien, s. Zellenlehre) in sich aufnehmen, „Phagocyten.“ Sie besitzen alle Eigenschaften eines Elementar-Organismus.

Man unterscheidet hauptsächlich 3 Arten von Leucocyten:

1. Die kleinsten, Durchmesser 4—8 μ; das geringe Protoplasma umgiebt in dünner Schicht den grossen runden Kern.
2. Durchmesser 7—10 μ; die Hauptmasse der Leucocyten des Blutes, protoplasmareicher, der Kern rund oder gelappt, selten mehrere Kerne.
3. Die grössten Durchmesser, 8—14 μ; das Protoplasma zeigt Körnchen, Granulationen, die sich verschiedenen Farbstoffen gegenüber verschieden verhalten: oxyphile färben sich mit sauren, basophile mit basischen, neutrophile mit neutralen Farbstoffen.

Die Zahl der weissen Blutkörperchen ist grossen Schwankungen unterworfen. Im allgemeinen kommt auf 350 rote ein weisses. Manche Blutarten enthalten mehr z. B. das Milzvenenblut: auf 60 rote ein weisses. Vermehrt sind sie während der Verdauung, bei Blutverlusten, Menstruation, Wochenbett; pathologisch bei Leukämie.

Chemisch sind sie zusammengesetzt aus Eiweisskörpern (Globulinen und Fibrinfermentbildnern), Glycogen, Lecithin, Cholestearin, in den Kernen: Nucleïn.

Andere corpusculäre Elemente.

Blutplättchen (Bizozzero), platte runde Scheibchen, 3—4 mal kleiner als die roten Blutkörperchen. Ihre Bedeutung ist noch unklar.

Elementarkörnchen, meist Fett, aus dem Chylus ins Blut gelangt.

Das Plasma[1]).

Erhält man, wenn man frisches Blut in der Kälte stehen lässt. Dann senken sich die Blutkörperchen, und über ihnen steht das Plasma: eine klare, gelbe Flüssigkeit von alkalischer Reaktion, spez. Gewicht 1027, zu etwa 90 % Wasser. Feste Bestandteile sind:

1. Eiweiss 7—8 %.
   a) Serumalbumin etwa 4—5 %.
   b) Serumglobulin etwa 3 %. Daneben noch Paraglobulin oder Serumcaseïn, wahrscheinlich identisch mit der fibrinoplastischen Substanz.
   c) Fibrinogen etwa 0,2 %, die Muttersubstanz des Fibrins, das sich erst durch die Gerinnung aus jenem bildet, auch in den Flüssigkeiten der serösen Höhlen (Pleura, Pericard), in der Lymphe.
2. Stoffe der regressiven Metamorphose der Eiweisskörper in kleinen Mengen: Kreatin, Harnstoff, Harnsäure, Milchsäure u. a.
3. Fette, Cholestearin, Lecithin.
4. Kohlehydrate: Traubenzucker.
5. Anorganische Salze (0,8 %): hauptsächlich (im Gegensatz zu den Blutkörperchen) Na-Salze, bes. Kochsalz, dann Kalk- und Magnesiasalze. Die alkalische Reaktion rührt vom Natriumcarbonat (Na_2CO_3) her.

Die Gerinnung.

Wie schon erwähnt, bildet sich bei der Gerinnung eine untere gallertige Masse, der Blutkuchen, und darüber eine helle Flüssigkeit, das Serum oder der Liquor sanguinis.

Den Blutkuchen bildet das aus dem flüssigen Fibrinogen des Blutplasma entstandene festgewordene Fibrin, das in seinen Fasern die in Folge ihrer grösseren Schwere zu Boden gesunkenen Blutkörperchen einschliesst. Geschieht die Gerinnung sehr langsam, wie beim Pferdeblut oder beim Menschenblut in entzündlichen Krankheiten, so bleiben auch noch die obersten Fibrinschichten des Blutkuchens von roten Blutkörperchen frei, die dann noch weiter gesunken sind, und es entsteht im Fibrin eine obere weisse

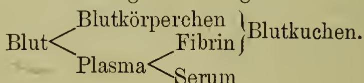
[1]) Das Plasma einer Tierspecies löst die roten Blutkörperchen einer anderen Species auf (globulicide Wirkung des Plasma).

Schicht, die Speckhaut, Crusta phlogistica oder inflammatoria.

Das Serum ist also Plasma ohne Fibrin.

In dieser Weise findet die Gerinnung statt, wenn man das frische Blut in einem cylindrischen Gefäss auffängt. Sonst geht sie gleichmässig durch die ganze Blutmasse vor sich, und erst allmählich, indem das Fibrin fest wird, wird das Serum in Tropfen ausgepresst.

Zur Veranschaulichung diene folgendes Schema:



Wird frisches Blut mit einem Stabe geschlagen, so erhält man fibrinfreies, geschlagenes oder defibriniertes Blut; dies besteht aus Blutkörperchen und Serum. Das Fibrin bleibt am Stabe hängen, wäscht man es mit reichlichem Wasser, so erhält man eine weisse, faserige, elastische Masse.

Die Schnelligkeit der Gerinnung ist bei verschiedenen Tieren verschieden, am grössten bei Vögeln.

Sie wird beschleunigt durch Kontakt mit Fremdkörpern, durch Wärme.

Sie wird verzögert durch niedere Temperatur, durch chemische Reagentien: Alkalien, Ammoniak, Salze der Alkalien und Erden, Einleiten von CO_2 (daher gerinnt venöses Blut langsamer), durch Zuckerlösung, durch Einbringen von Pepton und Blutegel-Extrakt ins strömende Blut.

Die Ursache der Gerinnung ist die Bildung des Fibrins. Dies sollte zu Stande kommen durch Vereinigung der Fibringeneratoren, der fibrinogenen Substanz (im Plasma, in serösen Transsudaten) und der fibrinoplastischen Substanz des Paraglobulins (im Plasma und im Serum) unter Einwirkung eines Fermentes. Heute nimmt man an, dass aus dem Fibrinogen allein sich das Fibrin abscheidet unter Einwirkung eines Fermentes, des Fibrinfermentes, das sich bildet durch Zerfall der weissen Blutkörperchen. Ob dabei Kalksalze nötig sind (wie bei der Caseïngerinnung) und inwiefern, ist noch fraglich.

Das Blut gerinnt in den Gefässen nicht, weil die lebende Gefässwand die Entstehung des Fermentes verhindert oder das

etwa entstandene Ferment (sogar auch wenn es in nicht zu grosser Menge eingespritzt wird) unwirksam macht.

Die Blutmenge.

Die Menge des im menschlichen Körper enthaltenen Blutes wird colorimetrisch bestimmt. Man wäscht das gesamte Blut aus und vergleicht den Färbungsgrad der erhaltenen Flüssigkeit mit einer Probelösung von bekanntem Blutgehalt. Auf diese Weise ist die Blutmenge beim Erwachsenen auf $^1/_{13}$ des Körpergewichts, also etwa 5 Liter festgestellt worden; beim Manne etwas mehr als beim Weibe; beim Neugeborenen nur $^1/_{19}$.

Bei grossem Blutmangel wird Transfusion von Blut in die Venen oder Arterien vorgenommen. Dazu muss das transfundierende Blut frisch, defibriniert, auf Körpertemperatur erwärmt sein und von der gleichen Spezies stammen (wegen der globuliciden Wirkung des Plasma).

Blutgase.[1]

Zu ihrer Gewinnung bringt man das Blut in einen luftleeren Raum, in das Vacuum der Quecksilberluftpumpe.

Das Blut enthält etwa 48% Gase (auf 100 Vol. Blut 48 Vol. Gase) und zwar Sauerstoff, Kohlensäure und Stickstoff (Magnus 1838), in verschiedener Menge im arteriellen und venösen Blut.

Es enthalten:

100 Vol. Arterielles Blut	100 Vol. Venöses Blut
O 17 Volumina	O 12 Volumina
CO_2 30 "	CO_2 35 "
N 1 "	N 1 "

Die Spannung im venösen Blut beträgt für O = 21 mm Hg, für CO^2 = 42 mm Hg.

[1]) Gase finden sich in Flüssigkeiten entweder chemisch gebunden oder physikalisch absorbiert. Die Absorption (besser Insorption) der Gase ist nach dem Henry-Dalton'schen Gesetz umgekehrt proportional der Temperatur, direkt proportional dem Druck und dem Absorptionscoëfficienten. Letzterer giebt dasjenige Gasvolumen an, welches bei 0° C. und 760 mm Hg-Druck von der Volumeneinheit der betreffenden Flüssigkeit absorbiert wird.

Befindet sich über einer Flüssigkeit ein Gemisch von Gasen, so wird der ganze auf dem Gemisch lastende Druck geteilt, je nach dem Volumen der Gase.

1. Der Sauerstoff ist nicht physikalisch absorbiert, da seine Aufnahme viel reichlicher erfolgt, als nach dem Henry-Dalton'schen Absorptionsgesetz zu erwarten wäre, sondern chemisch gebunden, und zwar an das Hämoglobin der roten Blutkörperchen (Oxyhämoglobin s. dort). Diese Verbindung unterliegt der Dissociation d. h. sie ist schon durch physikalische Mittel zu lösen (Erhöhung der Temperatur, Erniedrigung des Druckes).

2. Die Kohlensäure ist hauptsächlich im Plasma enthalten, zum grössten Teil ($^2/_3$) einfach physikalisch absorbiert. Der ganze Rest ($^1/_3$) ist chemisch gebunden im Plasma; davon ein Teil locker gebunden an einfachkohlensaures Natron $Na_2 CO_3$, durch physikalische Mittel austreibbar; ein anderer Teil fest gebunden an phosphorsaures Natron und kohlensaures Natron, nur durch Säuren austreibbar. Da die roten Blutkörperchen die Austreibung dieser letzteren dritten Portion begünstigen, so muss man annehmen, dass sie wie eine Säure wirken („Blutkörperchensäure") Eine geringe Menge CO_2 enthalten neben dem Plasma noch die roten Blutkörperchen locker chemisch gebunden.

3. Der Stickstoff ist im Plasma nur absorbiert enthalten.

Die verschiedene Färbung des Blutes rührt nicht her vom verschiedenen CO_2-Gehalt, sondern lediglich vom verschiedenen O-Gehalt.

Venöses Blut findet sich in den Venen (ausser den Lungenvenen), im rechten Herzen und in der Lungenarterie.

Arterielles Blut findet sich in den Arterien (ausser den Lungenarterien), im linken Herzen und in der Lungenvene.

B. Lymphe.

Bedeutung der Lymphe.

Die Ernährung der verschiedenen Gewebe des Körpers geschieht von den Blutcapillaren aus. Durch ihre Wandung hin-

---

Der auf jedes der Gase entfallende Druck heisst Partialdruck. Steht also die atmosphärische Luft unter dem Druck von 760 mm Hg, und enthält sie rund 20 Vol. O, 79 Vol. N und 0,04 Vol. CO_2, so verteilen sich die 760 mm Hg rund auf 160 mm Hg Partialdruck für O, 600 mm Hg Partialdruck für N und 0,3 mm Hg Partialdruck für CO_2.

Unter Spannung einer gashaltigen Flüssigkeit versteht man den Partialdruck in mm Hg, welchen das betreffende Gas, über der Flüssigkeit stehend, auf diese ausüben muss, damit weder Aufnahme noch Abgabe des Gases von der Flüssigkeit geschehen kann.

durch transsudiert Flüssigkeit, durchtränkt die Gewebe, Gewebsflüssigkeit, Parenchymflüssigkeit, giebt ihnen Ernährungsmaterial, Ernährungstranssudat, und nimmt dafür Produkte der regressiven Metamorphose des Stoffwechsels auf. Danach sammelt sich die Flüssigkeit als Lymphe (lympha = klares Wasser) in besonderen Spalten und Kanälchen (Lymphspalten und Saftkanälchen) des Gewebes. Diese, in unmittelbarer Nähe der Blutcapillaren beginnend, stehen untereinander vielfach in Verbindung und konfluieren zu den Lymphcapillaren, diese zu den Lymphgefässen, diese wiederum zu den Lymphstämmen, Ductus thoracicus und Truncus lymphaticus dexter, die sich in die Venen und damit in das Blutgefässsystem ergiessen.

Lymphgefässe.

Die Lymphcapillaren sind weiter als die Blutcapillaren, sonst aber ihnen ähnlich gebaut.

Die grösseren Lymphgefässe sind ähnlich den Venen gebaut, nur viel dünnwandiger und reichlicher mit Klappen versehen, die ähnlich den Semilunarklappen gebaut sind.

Perivasculäre Lymphgefässe umgeben scheidenartig die Blutgefässe (Centralnervensystem). Lymphspalten von sehr grosser Ausdehnung sind die serösen Höhlen (Pleura-, Pericardial-, Peritonealhöhle); sie enthalten stets eine geringe Menge „seröser Flüssigkeit", Lymphe mit keinen oder wenig Leucocyten, um die serösen Häute schlüpfrig zu erhalten und ihre Bewegungen zu erleichtern. In der Wand dieser Höhlen befinden sich zwischen den Epithelzellen Öffnungen, Stomata = Lymphspalten-Anfänge des Lymphapparates.

Eigenschaften der Lymphe.

Sie ist eine klare Flüssigkeit von schwach alkalischer Reaktion, spezifisches Gewicht 1045. Sie besteht aus dem Lymphplasma und den Lymphkörperchen, Leucocyten, die mit den farblosen Blutkörperchen (s. dort) identisch sind.

Das Lymphplasma ist als ein verdünntes Blutplasma anzusehen, es enthält also dieselben organischen Bestandteile, Salze und Gase. Das Lymphplasma gerinnt auch unter denselben Bedingungen und Erscheinungen wie das Blut, nur langsamer und weniger fest.

Die Darmlymphe, die aus den Lymphgefässen des Darmes

stammt, nimmt nicht nur Gewebsflüssigkeit auf, sondern auch aus dem Darminnern direkt Bestandteile der aufgenommenen Nahrung, besonders Fett. Dieses findet sich in ihr in feinster Emulsion und giebt ihr ein trübes, milchiges Aussehen, daher Chylus (*χυλος* = Pflanzensaft, Milchsaft) genannt.

Bildung der Lymphe.

Die Lymphe transsudiert aus den Blutcapillaren. Dabei findet Filtration und Osmose (s. Drüsen) statt. Dazu kommt noch eine Thätigkeit der Capillarzellen. Denn es giebt Substanzen. welche die Lymphabsonderung erheblich steigern, wahrscheinlich durch Einwirkung auf die Zellen der Capillarwände, lymphagoge Substanzen.

Die Fortbewegung der Lymphe.

Sie geschieht vornehmlich dadurch, dass die Parenchymflüssigkeit unter einem positiven Druck steht, herrührend von der Filtration (diese kommt durch den Blutdruck zu Stande) und der Osmose, und dass am Ende des Lymphgefässsystems im Thorax der Druck negativ ist, so dass ein stetiges Druckgefälle im Lymphgefässsystem vorhanden ist. Unterstützt wird der Lymphstrom durch die Erhöhung des intraabdominalen Druckes infolge der Zwerchfellscontractionen, durch die Erhöhung des negativen Druckes bei der Inspiration, rein mechanisch durch die Muskelcontractionen, (daher auch noch nach dem Tode durch passive Gelenkbewegungen), schliesslich im Darm (beim Chylus) durch die peristaltischen Bewegungen und die Contraction der Zotten. Die Bewegung kann nur in einer Richtung geschehen, da die Klappen den Rückfluss verhindern.

Die Menge der Lymphe.

In 24 Stunden fliessen beim Menschen durch den Ductus thoracicus etwa 2,5 l.

Die Lymphdrüsen.

Es sind Apparate, die in die Lymphbahnen an verschiedenen Stellen eingefügt sind. Sie sind umgeben von einer Kapsel und bestehen aus reticulärem Bindegewebe, in dessen Maschen kleine runde Zellen mit grossem Kern und Kernkörperchen liegen, die sog. Lymphzellen, Lymphkörperchen, Follikelzellen.

Die Lymphe tritt durch das Vas afferens in die Drüse ein

und verlässt sie wieder durch das Vas efferens; sie fliesst frei in den Maschen des Reticulums.

Die Lymphdrüsen besitzen die Eigenschaft, gewisse Gifte und Fremdkörper (Bakterien, Farbstoffe), die ihnen mit der Lymphe zugeführt werden, in ihren Maschen zurückzuhalten.

Den Lymphdrüsen analog sind die lymphatischen Apparate des Digestionstraktus (Solitärfollikel, Peyer'sche Plaques etc.) und die Follikel der Milz.

Alkalescenz des Blutes nimmt bei der Verdauung zu, weil HCl aus dem Körper entfernt wird.

Kohlenoxyhämoglobin vom Hämoglobin durch Hoppe-Seylersche Probe unterschieden: bei Zusatz von Natronlauge: Farbenänderung des Hämoglobins

Hämoglobin durch Säuren: Globin u. Hämatin (Fe haltig)

7. Atembewegungen.

Die Bewegungen der Lunge.

Durch die Atembewegungen wird der Hohlraum der Lunge abwechselnd vergrössert und verkleinert und dadurch athmosphärische Luft hineingezogen und ausgestossen, so dass das Blut in den Lungencapillaren stets mit frischer Luft in Berührung tritt.

Die Lunge liegt über ihr eigentliches Volumen hinaus gedehnt mit ihrer Oberfläche der Thorax-Innenfläche luftdicht, nicht befestigt an. Sie hat keine eigenen Muskeln, kann sich also nicht activ bewegen, sondern folgt vielmehr passiv allen Erweiterungen und Verengerungen des Brustkorbes, so dass beide Pleurablätter (Pleura costalis und Pleura pulmonalis) stets einander berühren und, da sie fortwährend befeuchtet erhalten werden, bei Bewegungen lautlos an einander vorüber gleiten. Nur wenn auf irgend eine Weise Luft in die Pleurahöhle eintritt (= Pneumothorax), wird dieses Verhältnis gestört; alsdann retrahiert sich die Lunge, entsprechend ihrer Elastizität, auf das möglichst kleinste Volumen.

Die Bewegungen des Thorax.

Sie zerfallen in Einatmung (= Inspiration, Inspirium; Erweiterung des Brustkorbes) und Ausatmung (= Exspiration, Exspirium; Verengerung des Brustkorbes).

Inspiration.

Während der Einatmung wird der Thorax durch Muskelthätigkeit erweitert, beim Manne mehr im unteren, beim Weibe mehr im oberen Teil, so dass ein deutlicher Unterschied beider Geschlechter hervortritt.

Die Inspirationsmuskeln.

Bei der ruhigen Inspiration des Mannes ist allein thätig das Zwerchfell, Diaphragma, das als Scheidewand zwischen

Brusthöhle und Bauchhöhle so eingesetzt ist, dass die Convexität nach oben, die Concavität nach unten sieht.

Das Zwerchfell zerfällt in einen

a) sehnigen Teil, Pars tendinea, nimmt das Centrum ein (= Centrum tendineum) und ist rings umgeben von dem radiär ausstrahlenden

b) muskulösen Teil, Pars muscularis. Dieser Teil wird nach der Ursprungsstelle der Muskelfasern zerlegt in

1. Pars vertebralis
2. Pars costalis
3. Pars sternalis.

Bei der Contraction des Zwerchfells verkürzen sich natürlich nur die muskulösen, d. h. die seitlichen Partieen, während das sehnige (nicht contractile) Centrum tendineum nur parallel mit sich selbst etwas tiefer tritt. Das Zwerchfell hat in der Ruhe die Form einer asymmetrischen Kuppel, während der Contraction die eines abgestumpften Kegels. (Fig. 4.)

Der Winkel zwischen Zwerchfell und den Seitenwänden des Thorax ist im Bereich der VIII.—X. Rippe, wenn nicht geatmet wird, frei von Lunge, er bildet einen „lumenlosen Spalt“; das Zwerchfell berührt die Thoraxwand. Während der Inspiration schiebt sich in diesen Spalt (Sinus phrenico-costalis pleurae) die Lunge ein und füllt ihn aus.

Dadurch, dass das Zwerchfell während der Contraction tiefer tritt, übt es auf den teils festen, teils flüssigen, teils gasförmigen

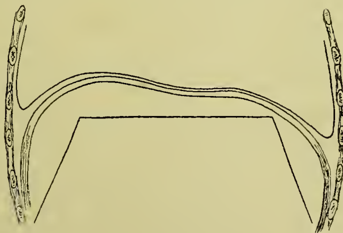


Fig. 4.

Inhalt der Bauchhöhle einen Druck aus, infolgedessen der vorher cylindrische Bauch eine Kugelgestalt anzunehmen bestrebt ist. Sobald die Wirkung des Zwerchfells nachlässt, ist der dislocierte Bauchinhalt bestrebt, zu seiner früheren Form zurückzukehren.

Indem so (beim Manne) während der Atmung eine Vorwölbung des Abdomens eintritt, benennt man die Atmung des Mannes auch als Respiratio abdominalis (= untere costale Atmung). Die das Zwerchfell versorgenden Nervenfasern entstammen dem in der Medulla oblongata gelegenen Atemcentrum, verlaufen im Rückenmark, treten durch die Rückenmarksnerven (IV. Halsnerv) in den Plexus cervicalis über und gelangen im N. phrenicus (= Ast des Plexus cervicalis) zum Zwerchfell.

(Contraction des Zwerchfells = Inspirationsstellung;
Erschlaffung „ „ = Exspirationsstellung.)

Beim Weibe ist die Bewegung des Zwerchfells und damit die Hervorwölbung des Abdomens schwächer, hier trifft die Volumenzunahme vorwiegend den oberen Teil des Thorax (Wogen des Busens). Dies geschieht durch die Mm. Scaleni; sie heben die oberen beiden Rippen und (da mit diesen die übrigen Rippen zusammenhängen) den ganzen Brustkorb und erweitern ihn = Respiratio costalis.

Als Rippenheber dienen ferner die Mm. intercostales externi (+ Mm. intercartilaginei).

Die Mm. intercostales, externi und interni, verlaufen als dünne Muskellagen zwischen den einander zugekehrten Rändern je zweier benachbarter Rippen und füllen die Intercostalräume aus. Zwischen den Rippenknorpeln werden die Mm. intercostales extt. durch das Lig. coruscans ersetzt, während sich die Mm. intercostales intt. einfach als Mm. intercartilaginei fortsetzen. Die Mm. intercostales extt. verbinden zwei benachbarte Rippen immer so, dass der obere Insertionspunkt der Wirbelsäule näher liegt als der untere.

Jede Rippe empfängt also zwei Mm. intercostales extt., einen von der nächst oberen und einen von der nächst unteren Rippe; der von oben her ansetzende M. intercostal. ext. inseriert in grösserer Entfernung von der Wirbelsäule als der von unten kommende. Wirken nun beide gleichzeitig mit gleicher Kraft, so überwiegt die am längeren Hebelarm angreifende Kraft (d. h. der von oben kommende M. intercostalis ext.) und die Rippe wird nach oben gezogen.

So werden also durch die Mm. intercostales extt. die Rippen nach oben gezogen, der Thorax erweitert (= Inspiration).

Umgekehrt (d. h. als Exspiratoren) wirken die Mm. inter-

costales intt., deren Verlauf dem der Mm. intercostales extt. entgegengesetzt ist.

Die zwischen den Rippenknorpeln befestigten Mm. intercartilaginei (in ihrer Verlaufsrichtung = Mm. intercostales intt.) contrahieren sich entsprechend den Mm. intercostales intt., ziehen also die Knorpel nach unten. Da aber die Rippenknorpel mit den Rippenknochen gelenkig verbunden sind, so wird der nach oben offene stumpfe Winkel, den sie mit einander bilden, durch das Herabziehen der Knorpel flacher, folglich die Länge jedes Rippenbogens und mithin der Thoraxraum grösser. Die Intercartilaginei wirken also inspiratorisch und werden daher auch zugleich mit den Intercostales externi innerviert. Die Hebung der Rippen wird durch die Senkung der Knorpel ausgeglichen, sodass das Brustbein nur nach vorn, aber nicht nach oben bewegt wird (cf. Fig. 5).

Die bisher angeführten Muskeln sind bei ruhiger Atmung, Eupnoe, thätig. Bei tiefer Inspiration kommen hierzu noch die sog. accessorischen Atemmuskeln, zunächst die, welche die Rippen heben, Mm. levatores costarum longi et breves und der serratus posticus sup.

Bei angestrengter Inspiration, bei Atemnot, Dyspnoe, wirken ferner der M. sternocleidomastoideus, der das Schlüsselbein und bei fixiertem Kopf das Sternum und die oberen Rippen hebt, der M. cucullaris, der mit seiner Scapularportion das Schulterblatt vom Thorax abhebt.

Bei sehr starker Atemnot können durch Aufstemmen der Arme, Orthopnoe, die Schultern fixiert werden, sodass noch der M. pectoralis major und minor, der serratus anticus major und die rhomboidei zur Erweiterung des Thorax beitragen.

Die Rippenbewegung.

Die Rippen sind mit der Wirbelsäule zweifach gelenkig verbunden: durch das Köpfchen mit zwei Wirbelkörpern, durch das Tuberculum mit einem Wirbel-Querfortsatz. Infolgedessen bewegen sie sich gegen die Wirbelsäule um eine Axe, die durch den Hals nahezu horizontal verläuft und mit der der anderen Seite einen nach vorn offenen Winkel bildet. Die Rippen senken sich nach vorn d. h. ihr hinteres Ende ist höher gelegen als das vordere. Werden sie gehoben, so wird der Thorax im transversalen und sagittalen Durchmesser erweitert; im transversalen, weil die

seitlichen Rippenteile mehr nach aussen rücken, im sagittalen, weil die vorderen Rippenenden gehoben, also ihr horizontaler Abstand vom Sternum vergrössert wird. In gleichem Maasse mit der Hebung des vorderen Rippenendes wird durch die Intercartilaginei (s. o.) der Winkel zwischen Rippenknorpel und vorderem Rippenende vergrössert. Daraus resultiert, dass das Sternum durch die Hebung der Rippen nicht nach oben, sondern nach vorn bewegt wird, also der sagittale Durchmesser des Thorax noch mehr vergrössert wird (s. Fig. 5).

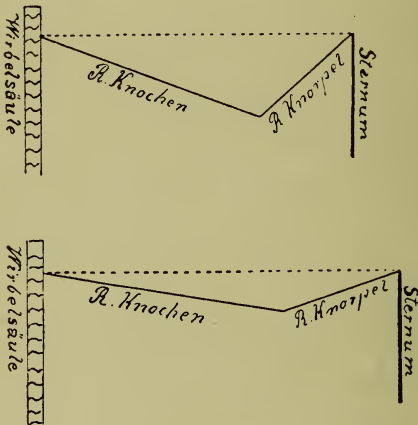


Fig. 5. Schema der Rippenbewegung.

☞ **Bewegungen der oberen Luftwege, präinspiratorische Bewegungen** kommen noch zu den eben genannten Bewegungen hinzu. Es sind: Herabsteigen des Kehlkopfes bei jeder Inspiration (Mm. sterno-hyoidei und sterno-thyreoidei); bei tiefster Inspiration: Erweiterung der Stimmritze (Mm. crico-arytaenoidei postici), welche bei ruhiger Atmung mässig weit offen ist, Hebung des weichen Gaumens (M. levator veli palatini und azygos uvulae); bei Atemnot: Hebung der Nasenflügel (M. levator alae nasi). In der höchsten Dyspnoe wird auch der Mund geöffnet (Luftschnappen).

Diese präinspiratorischen Bewegungen haben den Zweck, den Zutritt der Luft zur Lunge zu erleichtern. Die Nasenhöhle hat ausserdem für die Atmung die wichtige Bedeutung, die Luft bis

zu etwa 30° C. vorzuwärmen und mit Wasserdampf zu sättigen; ferner können Beimengungen[1]) der Luft aufgefangen und zurückgehalten werden.

Modificierte Inspirationsbewegungen sind Riechen, Schnüffeln, Gähnen, Schluchzen.

Exspiration.

Die während der Inspiration aufgespeicherten elastischen Kräfte (Lungen, Thorax, Bauch) werden mit der Erschlaffung der Inspirationsmuskeln frei und führen die frühere Gleichgewichtslage herbei. Die normale, ruhige Exspiration geschieht ohne jede Muskelaction, ist ein rein passiver Vorgang. Der Bauchinhalt drängt in seine vorige Lage zurück, der gehobene Thorax sinkt vermöge seiner Schwere herab, die gedehnten elastischen Lungen ziehen sich zurück.

Bei angestrengter Exspiration treten zur Unterstützung dieser elastischen Kräfte noch Muskeln in Thätigkeit, einerseits solche, welche den Bauchinhalt in seine frühere Lage zurückbringen, die Bauchmuskeln (Mm. rectus, obliquus, transversus abdominis), andrerseits solche, welche die Rippen nach unten ziehen (Mm. intercostales int., triangularis sterni, serratus posticus inf., quadratus lumborum).

Modificierte Exspirationsbewegungen sind: Husten, Niesen, Räuspern, Seufzen.

Die Bauchmuskeln (Exspirationsmuskeln) sind also bei der Atmung Antagonisten des Zwerchfells (Inspirationsmuskel). Dagegen sind sie mit diesem Synergisten, bilden zusammen die Bauchpresse, Prelum abdominale, um die Contenta der Bauchhöhle zu entleeren (Mastdarm, Blase, schwangere Gebärmutter).

---

[1]) Staub; dringt er trotzdem in die Lunge, so kann er zu „Staubinhalationskrankheiten", Pneumonokoniosen, Anlass geben. (Eisenlunge, Kiesellunge, Ultramarinlunge bei den betreffenden Arbeitern).

Kohle. Während des Lebens gelangt stets soviel davon in die Lunge, dass bei älteren Leuten die Lungen und die Bronchialdrüsen schwärzlich gefärbt sind, indem die eingeatmete Kohle (entsprechend den Lymphgefässen) in den interlobulären Septa und schliesslich auch in den dazu gehörigen Lymphdrüsen abgelagert wird.

Bakterien = Spaltpilze = Schizomyceten; nur mikroskopisch wahrnehmbare einzellige pflanzliche Lebewesen von verschiedener Gestalt. Von dem Gehalt an krankheitserregenden, pathogenen, Bakterien hängt die Sanität der Luft ab.

Schema der Atemmuskeln und der zugehörigen Nerven:

Ruhige	Diaphragma	N. phrenicus, Plex. cervicalis.
	Scaleni (nur beim Weibe) . .	Rr. musculares, Plexus cervicalis et brachialis.
	Intercostales externi	N. intercostales } Nn. dorsales.
angestrengte Inspiration	Levatores costarum longi et breves	Rr. postici } Nn. dorsales.
	Serratus posticus sup. . . .	Nn. dorsalis scapul., Plex. brach.
	Sternocleidomastoideus . . .	Rr. externi n. accessorii.
	Cucullaris	Rr. muscul., Pl. cervic.
	Pectoralis minor	N. thorac. ant. } Pl. brach.
	Rhomboidei et	N. thorac. long. } Pl. brach.
	Serratus anticus maj. . . .	Nn. intercostal., Nn. dorsales.
präinspiratorische Bewegungen	Sterno-hyoideus	R. descendens n. hypoglossi.
	Sterno-thyreoideus	R. descendens n. hypoglossi.
	Crico-arytaenoideus postic. . .	N. laryngeus inf. n. vagi.
	Levator veli palatini	Rachenfasern vom facialis u. vagus.
	Azygos uvulae	Rachenfasern vom facialis u. vagus.
	Levator alae nasi	R. zygomaticus n. facialis.
angestrengte Exspiration	Serratus postic. inf.	N. thorac. dors., Plex. brach.
	Latissimus dorsi	N. thorac. dors., Plex. brach.
	Intercostales interni	N. intercostales, Nn. dorsales.
	Triangularis sterni	N. intercostales, Nn. dorsales.
	Rectus, Obliquus ext., Obliquus int., Transversus } abdominis	Nn. muscul. abds.-Nn. dorsal. VIII—XII.
	Quadratus lumborum	Rr. muscul., Pl. lumbalis.

Maasse des Thorax.

Der mittlere Brustumfang in der Höhe des Schwertfortsatzes beträgt bei Männern etwa 82 cm, bei Frauen etwa 78 cm, nach tiefster Inspiration 7 bez. 6 cm mehr.

Diese Messung geschieht mit dem Bandmass. Man kann aber auch eine bestimmte Stelle des Thorax mittelst eines aufgesetzten Fühlhebels ihre Bewegungen selbst verzeichnen lassen: Pneumatographie, und dadurch die Exkursion jeder Stelle des Brustkorbes bestimmen.

Druckverhältnisse im Thorax.

Die Lunge ist, wie schon bemerkt, über ihr eigentliches Volumen im Brustkorb auch in Ruhestellung desselben ausgedehnt und bestrebt sich daher vermöge der ihr innewohnenden Elastizität, auf dasselbe zu „retrahieren“.

Diese *elastische Kraft* der Lunge, an der Leiche durch Herstellung des Pneumothorax an einem mit der Trachea luftdicht verbundenen Manometer gemessen, auf dessen Quecksilber die aus der Lunge bei ihrer Retraktion herausgepresste Luft drückt, beträgt 6 mm Hg, am Lebenden wahrscheinlich etwas mehr: 7 mm Hg. Sie wächst bei der Dehnung der Lungen, also bei der Inspiration (bei tiefster Inspiration auf etwa 30 mm) und sinkt bei der Exspiration. Sie übt bei unverletztem Thorax auf die Wandungen desselben und die darin enthaltenen Hohlorgane (Herz und Gefässe) einen ihr äquivalenten Zug aus, *Saugkraft oder Aspiration der Lungen*, sodass diese Organe beständig unter einem den obigen Werten entsprechenden negativen Druck stehen. Derselbe, am Lebenden gemessen, wird bei ruhiger Inspiration etwa auf 9 mm Hg erhöht, und sinkt bei ruhiger Exspiration auf etwa 7 mm Hg.

Von diesem extrapulmonalen Druck, der in dem lumenlosen Spalt zwischen den beiden Pleurablättern herrscht, ist wohl zu unterscheiden der durch die Respiration bedingte *intrapulmonale Druck*. Er wird gemessen mit dem *Pneumatometer*, einem an beiden Schenkeln offenen Quecksilbermanometer, dessen einer Schenkel mit den Luftwegen in Verbindung gebracht wird.

Während der Inspiration wird innerhalb der erweiterten Lungen eine Luftverdünnung erzeugt = negativer Druck, d. h. der Druck in ihnen ist geringer als der Atmosphärendruck, deshalb dringt die Luft von aussen ein. Bei der ruhigen Inspiration ist der Druck innerhalb der Lungen = — 1 mm Hg (d. h. 1 mm geringer als der Atmosphärendruck), bei forcierter Inspiration = — 57 mm Hg (36—74 mm).

Während der Exspiration verengert sich der Thorax, die Luft wird wieder ausgetrieben. Bei der ruhigen Exspiration ist der Druck innerhalb der Lungen = + 2—3 mm Hg (d. h. 2 bis 3 mm grösser als der Atmosphärendruck), bei forcierter Exspiration = + 87 mm Hg (82—100 mm Hg).

Vergleicht man die absoluten Zahlen, so ist im Allgemeinen der (positive) Exspirationsdruck grösser als der (negative) Inspirationsdruck.

Die Luftmenge in der Lunge.

Beim Fötus sind die Lungen luftleer (atelectatisch).

Bei der Atmung geben die Lungen das in ihnen enthaltene Luftquantum niemals vollständig ab, sondern unterwerfen stets nur einen Teil der Erneuerung. Auch nach vollständigster Exspiration bleibt ein bestimmtes Luftvolumen noch in den Lungen zurück =

1. Residualluft, Rückständige Luft. Dieselbe beträgt etwa 1400 cbcm.

Ausser der Residualluft unterscheidet man:

2. Respirationsluft, Atmungsluft wird bei ruhiger Atmung eingenommen und ausgegeben, etwa 500 cbcm.

3. Reserveluft, Ergänzungsluft kann nach ruhiger Exspiration noch nachträglich durch forcierte Exspiration ausgetrieben werden, etwa 1600 cbcm.

4. Complementärluft, Hülfsluft, kann auf der Höhe einer ruhigen Inspiration noch durch eine unmittelbar angeschlossene forcierte Inspiration aufgenommen werden, etwa 1600 cbcm.

5. Vitale Capacität = Atmungsgrösse = 2 + 3 + 4 = dasjenige Luftvolumen, welches nach tiefster Inspiration durch forcierte Exspiration aus den Lungen entweicht = grösstmöglichste Menge von Atmungsluft beträgt etwa 3700 cbcm.

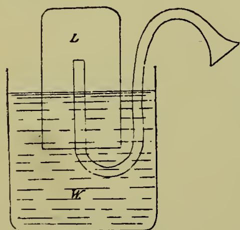


Fig. 6. Spirometer.

Die Atmungsgrösse wird bestimmt, wie dies Hutchinson zuerst gethan, mittelst des Spirometers, in welchem die ausgeatmete Luft *(L)* unter Wasser *(W)* in einem Cylinder aufgefangen wird.

Die Atmungsgrösse ist grossen Schwankungen unterworfen und hängt ab von Körperlänge, Alter, Beruf.

Der Luftraum von der Nasenöffnung bis zum Übergang der Bronchien in die Alveolen beträgt etwa 100 cbcm. Dieser „schädliche Raum“ kommt also für den Gasaustausch nicht zur Verwertung.

Atmungsgeräusche.

Wenn man das Ohr an die Brustwand eines ruhig atmenden Menschen legt, so hört man, wenn die Luft in die Alveolen eindringt,

ein weiches, schlürfendes Geräusch gleich einem tonlosen f oder s, vesiculäres Atmen. Über den grossen Bronchien, der Trachea und dem Kehlkopf hört man ein hauchendes, blasendes Geräusch gleich einem tonlosen ch, bronchiales oder tracheales Atmen.

Rhythmus und Frequenz der Respiration.

Sie können ebenfalls mit Hülfe der Pneumatographie bestimmt werden.

Die Atembewegungen gehen im Normalzustand mit vollkommener Regelmässigkeit, d. h. mit gleichbleibender Dauer der einzelnen Stadien vor sich = Rhythmus der Atembewegungen. Es folgen nach einander:

1. Inspiration (Einatmung) = 1,1 Sek.
2. Exspiration (Ausatmung) = 1,5 Sek.
3. Pause (Ruhezeit) = Verharren der Brust in Ausatmungsstellung bis zum Beginn der nächsten Einatmung = 0,8 Sek.

1 + 2 + 3 = Atemzug = 3,4 Sek.

Inspiration: Exspiration = 6:7.

Zahl der Atemzüge in der Minute (= Atemfrequenz):

Kind etwa 44,

Erwachsener etwa 18.

Auf 1 Atemzug kommen etwa 4 Pulsschläge.

Atemcentrum.

Die Atembewegungen erfolgen unwillkürlich, indem das Centrum fortwährend gereizt wird.

Das Atemcentrum (d. h. der Ort, von dem aus die Atembewegungen durch Nerven reguliert werden) liegt in der Medulla oblongata am Boden des IV. Ventrikels im hinteren Winkel der Rautengrube und ist paarig, doppelseitig. Zerstörung dieses Atemcentrums bewirkt sofortiges Aufhören der Atembewegungen und augenblicklichen Tod, deshalb wurde es von Flourens Nœud vital, Lebensknoten, genannt.

Von dem Centrum verlaufen die Nervenfasern durch die Med. oblongata, Rückenmark, teils durch III. und IV. Cervicalnerv, Plex. cervicalis, N. phrenicus zum Zwerchfell, teils durch die Brustnerven zu den übrigen Atmungsmuskeln.

Das Atemcentrum wird normalerweise nicht reflektorisch, sondern durch in loco wirkende Reize erregt, es ist ein automatisches und rhythmisch thätiges Centrum.

Der normale Reiz ist O-Mangel und CO_2-Anhäufung im Blut. Das Blut von normalem O-Gehalt wirkt schon als Reiz und bringt den normalen Atmungsmodus hervor = Eupnoe. Wird dagegen das Blut O-ärmer und CO_2-reicher, so entsteht Dyspnoe, in höherem Grade Lähmung des Atmungscentrums, Erstickung, Asphyxie. Wird dagegen dem normalen Blut eine überschüssige Menge O zugeführt, so hören die Atembewegungen auf, es entsteht Apnoe.

Auch gewisse Stoffwechselprodukte des thätigen Muskels sollen erregend auf das Atmungscentrum wirken, wodurch die vermehrte Respiration bei Muskelanstrengung zu erklären wäre; dabei kommt es zu einem Überschuss von O im Blute.

Wärme ruft Dyspnoe hervor, „Wärmedyspnoe“ im Fieber, weil der O-Verbrauch in den Geweben erhöht ist.

Diese unwillkürlichen Atembewegungen können aber auch willkürlich und reflektorisch beeinflusst werden.

Willkürlich kann man die einzelnen Phasen der Atembewegungen bis zu einem gewissen Grade beliebig verlängern oder verkürzen.

Reflektorisch kann das Atemcentrum gereizt werden durch psychische Affekte (Schreck) oder durch sensible Reize (Niesen, Husten).

Nn. Vagi.

Durchschneidung eines Vagus hat keine andauernde Störung der Atmung im Gefolge. Nach Durchschneidung beider Vagi tritt hingegen eine beträchtliche Verlangsamung und Vertiefung der Atemzüge ein. Doch bestehen sie selbst rhythmisch fort. Bei jungen Tieren erfolgt nach Durchschneidung beider Vagi sehr bald Erstickung, da mit den Vagi auch die Nn. laryng. inf. durchtrennt werden, und infolge dessen die weichen, durch den Luftdruck bei der Inspiration zusammengedrückten Kehlkopfknorpel nicht geöffnet werden können.

Reizt man am durchschnittenen Vagus das peripherische Ende, so sieht man keine Wirkung auf die Atmung; reizt man dagegen das centrale Ende, so wird bei schwachen Strömen die Atem-

frequenz gesteigert, bei mittelstarken Strömen tritt Stillstand in Inspirationsstellung ein. Daraus ergiebt sich, dass die Lungenäste des Vagus centripetale Nerven sind, die nur einen regulierenden Einfluss auf die Atmung haben.

Wird bei einem Tier mit eröffnetem Thorax die Lunge künstlich aufgeblasen, so tritt tetanische Exspirationsbewegung ein, lässt man sie gänzlich collabieren, so tritt tetanische Inspirationsbewegung ein, „Selbststeuerung der Atmung". Diese ist erklärt worden durch die Annahme, dass die Lungenäste des Vagus inspirationshemmende Fasern sind. Durch die Ausdehnung der Lunge, wie bei der Inspiration, werden sie gereizt, die Inspiration selbst also gehemmt, es tritt passive Exspiration ein. Durch das Zusammenfallen der Lunge, wie bei der Exspiration, lässt ihre Reizung nach, es tritt wieder Inspiration ein.

---

8. Atmen, chemisch.

Das venöse Blut tritt in den Lungen mit der eingeatmeten Luft in Berührung; es giebt CO_2 ab und nimmt O auf, es wird arteriell, Lungenatmung.

Das arterielle Blut strömt nach den Geweben: in den Capillaren tritt es mit ihnen in Gasaustausch, es giebt O ab und nimmt CO_2 auf, es wird wieder venös, innere oder Gewebsatmung.

A. Lungenatmung.

I. Die Veränderungen, welche die eingeatmete Luft erfährt.

1. Die atmosphärische Luft.

Sie ist zusammengesetzt im Mittel aus

O	21	Volumprocent
N	79	„
CO_2	0,04	„
H_2O	0,8	„

Ausserdem sind enthalten Spuren von salpetriger Säure, Ammoniak, Grubengas, und sog. Sonnenstäubchen (Staub, Kohle, Bakterien; diese sind sichtbar in einem Sonnen- oder Lichtstrahl).

Zur Bestimmung der Gase in der Luft dient das Eudiometer; CO_2 wird durch Ätzkali als kohlensaures Kali, O durch Pyrogallussäure gebunden; der Rest ist N.

Der Wasserdampfgehalt wird mittelst Hygrometer oder Psychrometer bestimmt; er ist abhängig von der Temperatur, so dass eine Luft von 37° C 42 g pro cbm bis zur Sättigung aufnimmt, eine solche von 0° C nur 4 g.

Eine Luft, deren Wassergehalt sich der Sättigung nähert, nennt man „feucht“; enthält sie nur wenig Wasserdampf, so heisst sie „trocken“.

Die ersten Versuche über die Atmungsgase wurden von Mayow (1670) angestellt, dann von Allan und Pepys, die das Gasometer erfanden. Priestley zuerst, dann Lavoisier zeigten, dass die Luft durch die Atmung in derselben Weise verändert wird, wie durch eine brennende Kerze; sie nannten daher den Atmungsprozess einen Verbrennungsprozess. Dulong und Despretz konstruierten zunächst unabhängig von einander einen Respirationsapparat, bei dem die ge-

atmete Luft fort- und neue zugeführt wurde. In verbesserter Weise leisteten dies Regnault und Reiset, und neuerdings der grosse Respirationsapparat von Pettenkofer in München. Die gewonnenen Ergebnisse sind nun:

2. Die ausgeatmete Luft.

a) Sie ist wärmer als die atmosphärische Luft, etwa 37° C. Je kälter also diese ist, um so mehr muss der Körper Wärme an sie abgeben.

b) Sie ist mit Wasserdampf gesättigt, so dass sie in kälterer Luft als Nebel (tropfbar flüssig) erscheint. In 24 Std. wird durch die Lungen etwa $^1/_2$ l Wasser ausgeschieden.

c) Ihr Volumen erscheint grösser; das ist aber auf ihre erhöhte Temperatur und dadurch bedingte Expansion zurückzuführen. Reduciert man sie auf Druck, Temperatur und Trockenheit der eingeatmeten Luft, so ist ihr Volumen sogar um $^1/_{50}$ kleiner.

d) Sie ist frei von Sonnenstäubchen, da diese auf der Schleimhaut der Luftwege zurückgehalten werden; sie ist optisch leer.

e) Sie enthält geringe Mengen von Ammoniak, die aber hauptsächlich von Fäulnisprocessen in der Mundhöhle herrühren.

f) Sie ist ärmer an O und reicher an CO_2. Jn 100 Volumteilen enthalten:

	Inspirationsluft	Exspirationsluft	Differenz
O	= 21,	16,	— 5.
CO_2	= 0,04	4,	+ 4.

Dabei ist bemerkenswert: während beim Verbrennen von Kohle in Sauerstoff (Hoffmann's Apparat) dasselbe Volumen CO_2 entsteht, als Volumen O vorhanden war, also $\frac{\text{Vol } CO_2}{\text{Vol } O} = 1$ ist, zeigt sich bei der Atmung, dass das aufgenommene O-Volumen grösser ist als das ausgeschiedene CO_2-Volumen, also $\frac{CO_2}{O}$ = ein echter Bruch; dies Verhältnis nennt man den respiratorischen Quotienten.

Die O-Aufnahme und die CO_2-Ausscheidung schwankt bei den verschiedenen Tieren. Kleine Tiere haben im Allgemeinen eine grössere Atmungsintensität als grössere, die stärkste zeigen die Vögel, bei Kaltblütern ist sie hingegen sehr gering.

Der Mensch scheidet in 24 Stunden etwa 900 gr Kohlensäure aus.

3. Die Grösse der CO_2-Ausscheidung

hängt von gewissen Momenten ab, welche in gleicher Weise die Grösse der O-Aufnahme beeinflussen:

a) vom Kohlenstoff-Gehalt der Nahrung: bei vegetabilischer Kost ist sie grösser, bei Fleischnahrung ist sie kleiner. Beim Hunger sinkt sie schnell auf einen Wert herab, der sich dann constant hält.

b) Von der Tageszeit: sie hat eine tägliche Periode, die ihr Maximum nach der Hauptmahlzeit, ihr Minimum am Morgen erreicht.

c) Von Alter, Geschlecht und Constitution: Im Alter nimmt sie ab; bei Männern, weil den kräftigeren Individuen, ist sie grösser.

d) Muskelarbeit erhöht sie ausserordentlich (um das 5—8-fache), auch die Thätigkeit der Darmmuskeln vermehrt sie.

e) Im Schlaf ist sie herabgesetzt.

f) Von der Aussentemperatur; ist diese niedrig, so wird von Homoiothermen mehr CO_2 ausgeschieden, vielleicht wegen der stärkeren Ventilation der Lungen.

g) Von der Zahl und Tiefe der Atemzüge innerhalb gewisser Grenzen: je schneller und flacher geatmet wird, desto ärmer an Kohlensäure ist jeder einzelne Atemzug, desto mehr Kohlensäure wird aber in der Zeiteinheit ausgeschieden. Umgekehrt: Je langsamer und tiefer geatmet wird, desto reicher an Kohlensäure ist jeder einzelne Atemzug, desto weniger Kohlensäure wird aber in der Zeiteinheit ausgeschieden.

4. Respiratorischer Quotient.

Wie schon gezeigt, ist derselbe beim Menschen ein echter Bruch, nämlich = 0,8. Daraus folgt, dass ein Teil des eingeatmeten O zu anderen Zwecken als zur Oxydation des Kohlenstoffs verbraucht werden muss, wahrscheinlich zur Oxydation des Wasserstoffs der organischen Verbindungen.

Bei verschiedenen Tieren schwankt der Wert des Quotienten bei Fleischfressern zwischen 0,7—0,8; bei Herbivoren kann er = 1 werden. Ebenso wird er beim Menschen bei vegetabilischer

Kost grösser (0,88), bei reiner Fleischkost kleiner (0,78), am kleinsten bei Fettkost (0,71).

Beides erklärt sich daraus, dass, je mehr reiner Kohlenstoff zu Kohlensäure verbrannt wird, sich um so mehr der respiratorische Quotient dem Wert 1 nähert. Je mehr Sauerstoff dagegen zur Bildung von Wasser verbraucht wird, um so weniger kann zur Bildung von Kohlensäure verwandt werden, um so kleiner ist daher bei gleichem Sauerstoffverbrauch das Volumen der entstandenen Kohlensäure, um so kleiner auch der respiratorische Quotient. Die Kohlehydrate z. B. Traubenzucker $C_6 H_{12} O_6$ brauchen O nur zur Oxydation des C zu CO_2; zur Oxydation des H zu H_2O enthalten sie schon selbst genügend O. Daher nähert sich bei vorwiegender Zufuhr von Kohlehydraten der respiratorische Quotient dem Wert 1. Die Fette dagegen (z. B. Olein $C_{57} H_{104} O_6$) enthalten viel H und wenig O, brauchen also noch viel O. Daher wird bei vorwiegender Fettnahrung der respiratorische Quotient sehr klein.

II. Die Veränderungen, welche das Tier bei der Atmung erfährt.

Die wesentliche ist die des Blutes. Dasselbe nimmt O auf und giebt CO_2 ab. Dieser Austausch findet in den Alveolen durch das dünne Epithel derselben und durch das Endothelialrohr der Lungencapillaren auf dem Wege der Diffusion statt. Er kommt zu Stande infolge der Differenzen zwischen dem Partialdruck der Gase in der Inspirationsluft und ihrer Spannung im Blute (cf. S. 67).

Der Partialdruck in der Inspirationsluft beträgt für O = 150 mm Hg., für CO_2 = 0,3 mm Hg.

Die Spannung im venösen Blute beträgt für O = 21 mm Hg., für CO_2 = 41 mm Hg.

Das Plasma absorbiert zunächst den O, kann aber bei 37° C. nur 0,3 Volumproc. aufnehmen. Diesen O entzieht ihm sofort das Hämoglobin der roten Blutkörperchen, sodass es wiederum neuen O aufnimmt. Indem dieser Vorgang sich wiederholt, wird die Absorptionskraft des Blutes gegenüber der des Plasma auf das 60fache gesteigert. Dazu kommt die Schnelligkeit des Blutumlaufs; jedes Blutkörperchen wird 1—2mal in der Minute durch die Lunge getrieben. Mit dem O verbindet sich das Hämoglobin zu Oxyhämoglobin (s. Blut).

In den Alveolen ist wahrscheinlich der CO_2-Gehalt wenig grösser als in der atmosphärischen Luft, aber wäre er selbst beständig so gross wie bei der Exspiration d. h. 100 mal grösser = 4,0 Volumproc., so würde doch der Partialdruck derselben nur 30 mm Hg. betragen, also noch immer beträchtlich hinter der CO_2 Spannung im venösen Blut (= 41 mm Hg.) zurückbleiben. Daher findet eine beständige, d. h. während Exspiration und Inspiration anhaltende, Abdunstung der CO_2 statt, nur dass sie bei der Inspiration grösser ist, als bei der Exspiration. Und da bei der Exspiration die Lungen nicht luftleer werden, vielmehr immer noch die Residualluft zurückbleibt, so sistiert die Abdunstung nie, sondern geht dauernd vor sich, was für die Ausgiebigkeit des Gaswechsels von grosser Bedeutung ist.

B. Die innere oder Gewebsatmung.

Die **Sauerstoff-Abgabe** aus den Capillaren kann erfolgen, weil die Sauerstoff-Spannung der Gewebe infolge ihrer beständigen Sauerstoff-Zehrung = null ist. Die Gewebe wirken auf das Hämoglobin, wie das Vacuum einer Luftpumpe, es entsteht reduciertes Hämoglobin.

Die **Kohlensäure-Aufnahme** in die Capillaren tritt ein, weil in den Geweben eine Anhäufung von CO_2 stattfindet. Ihre Spannung daselbst beträgt etwa 58 mm Hg gegenüber 22 mm Hg im arteriellen Blut.

In den lebendigen Zellen der Gewebe selbst also und nicht im Blute finden die Oxydationsvorgänge des tierischen Organismus statt. Wie sie zu Stande kommen, ist noch unbekannt.

C. Bedeutung der Veränderung der Inspirationsluft.

Schliesslich sei noch die Frage erörtert, welchen Einfluss Veränderungen der Inspirationsluft haben.

Der **Sauerstoff** kann bis auf 50—70 Vol. pCt. vermehrt oder bis auf 14 Vol. pCt. vermindert werden, ohne dass irgend ein Einfluss wahrzunehmen wäre: es bleibt die O-Aufnahme und die CO_2-Ausscheidung unverändert. Sinkt aber der O-Gehalt bis auf 10 Vol. pCt., so tritt Dyspnoe, sinkt er bis auf 7 Vol. pCt.,

so tritt der Tod ein. Der Sauerstoff kann durch kein anderes Gas ersetzt werden.

Doch giebt es **indifferente Gase,** die ohne Schaden geatmet werden können, wenn genügend O vorhanden ist: Stickstoff und Wasserstoff.

Diesen gegenüber giebt es **schädliche Gase,** von denen einige **uneinatembar** sind, weil sie sofort Stimmritzenkrampf (Mm. crico-arytaenoidei laterales, Mm. arytaenoidei und Mm. thyreo-arytaenoidei) erzeugen; andere sind zwar **atembar,** aber in gewissen Mengen **giftig,** selbst wenn daneben reichlich O vorhanden ist. Dazu gehören:

Kohlensäure CO_2, wirkt zu 1 pCt. noch nicht lästig, zu 4 pCt nach einiger Zeit tötlich, zu 20 pCt. schnell tötlich.

Kohlenoxyd CO, entsteht bei ungenügender Verbrennung der Kohle, im Kohlendunst, ferner im Leuchtgas; wirkt schon schädlich, wenn es zu $^1/_{1000}$ Teil in der Atemluft enthalten ist. Seine giftige Wirkung beruht darauf, dass für jedes in das Blut eintretende CO-Volumen ein gleiches O-Volumen austritt. Es entsteht CO-Hämoglobin (s. d.), das Blut wird kirschrot.

Stickstoffoxydul N_2O; rein geatmet, führt es in kurzer Zeit zur Erstickung; dagegen mit Sauerstoff gemischt (2:1) kann es längere Zeit geatmet werden und betäubt (Lachgas, Lustgas).

Schwefelwasserstoff H_2S führt zum Tode durch Herzstillstand. Die Organe sehen schwärzlich-braun aus.

---

9. Physiologie des Herzens.

Bedeutung des Herzens.

Damit das Blut seiner Aufgabe, Vermittler des Stoffwechsels zu sein, genügen kann, muss es 1. zu allen Organen gelangen können, es muss verteilt werden, 2. es muss in stetem Austausch mit den Organen bleiben, es muss beständig bewegt werden. „Alle Blutverteilung geschieht durch die Gefässe, alle Blutbewegung vom Herzen“ (Henle).

Die Verteilung

geschieht so, dass das Blut aus der linken Herzkammer durch Aorta und Körperarterien zu den Capillaren gelangt, von da durch die Venen und linken Vorhof in die linke Herzkammer (grosser oder Körperkreislauf), von da durch die Lungen, Arterien, Capillaren und Venen in den rechten Vorhof (kleiner oder Lungenkreislauf) und in die linke Herzkammer zurück. (Harvey 1628.) Hierzu kommt noch, dass die aus der Vereinigung der Baucheingeweidevenen entstandene V. portae sich innerhalb der Leber mit der V. hepatica noch einmal in Capillaren auflöst. Aus diesen geht die V. hepatica hervor und ergiesst sich in die V. cava inf. (Intermediärer oder Pfortaderkreislauf).

Die Bewegung

bewirkt das Herz dadurch, dass es in dem Gefässsystem Druckdifferenzen schafft. Und das Blut strömt, wie jede Flüssigkeit in einem Röhrensystem, von Punkten höheren Druckes zu Punkten niederen Druckes. Indem das Herz als muskulöses Hohlorgan durch seine Contraction seinen Inhalt in die von ihm ausgehenden Gefässe entleert, entsteht dort Druckerhöhung; bei seiner Erschlaffung saugt es sich wieder aus den eintretenden Gefässen voll. Es stellt demnach eine Druck- und Saugpumpe dar.

Contraction (Systole) und darnach Erschlaffung (Diastole) gehen unaufhörlich in rhythmischer Folge vor sich; sie beginnen schon im Fötalleben (beim Hühnchen schon vom 3. Tage an,

beim Menschen von der 3. Woche an). Im Tode stehen zuerst die Ventrikel, später die Vorhöfe still, von den Vorhöfen ruht wiederum zuerst der linke Vorhof, dann der rechte, und in ihm zuletzt das Herzohr = Ultimum moriens.

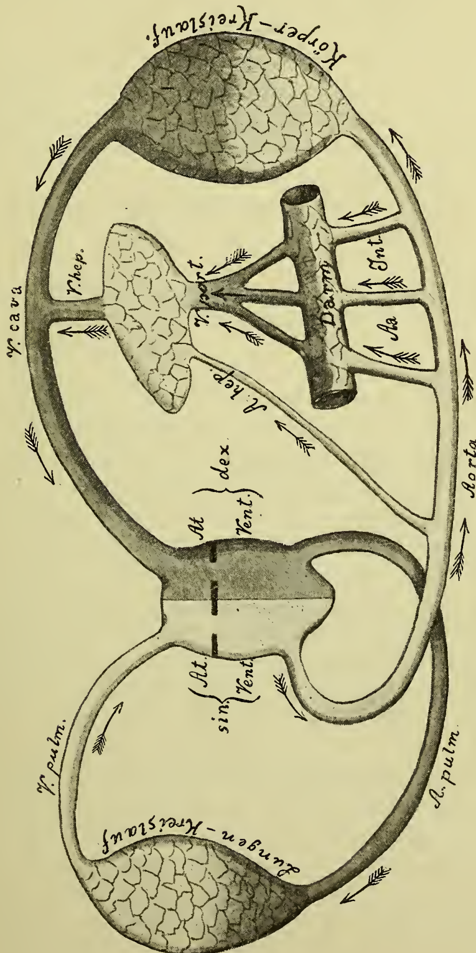


Fig. 6.
Schema des Kreislaufs.

Gestalt und Lage.

Das Herz liegt in der Brusthöhle, seine Längsaxe bildet mit der des Körpers einen Winkel von 50°—60°; auch ist das Herz um seine Längsaxe so gedreht, dass der rechte Rand mehr nach vorn, der linke etwas nach hinten sieht. Das Herz enthält vier Höhlen: 2 Vorhöfe (Atrien) und 2 Kammern (Ventrikel). Rechter Vorhof + rechter Ventrikel = rechtes Herz; linker Vorhof + linker Ventrikel = linkes Herz. Rechtes und linkes Herz sind durch eine Scheidewand, das Septum, getrennt, das zwischen den Kammern eine gewölbte Wand bildet, deren Concavität dem linken Ventrikel zugekehrt ist.

Daher ist der Querschnitt des linken Ventrikels elliptisch, des rechten sichelförmig, ihre Wandungen verhalten sich in ihrer Stärke etwa wie 2 : 1.

Die Wandungen der Vorhöfe sind sehr viel dünner und schlaffer als die der Ventrikel.

Bau.

An der Herzwand unterscheidet man, von aussen nach innen gehend, Pericardium (= Epicardium), Myocardium, Endocardium. Das Myocardium bildet die Hauptmasse des Herzens und besteht aus quergestreifter Muskulatur, trotzdem die Bewegungen des Herzens unwillkürlich, d. h. dem Willen nicht unterworfen sind.

Der Übergang vom Atrium zum Ventrikel erfolgt durch das Ostium atrioventriculare (= Ostium venosum); jedes dieser beiden Ostien ist von einem Ringe, Annulus fibrosus (auch fibrocartilagineus genannt) umgeben, der zugleich die Grundlage für die betreffende am Übergange vom Vorhof zum Ventrikel gelegene Klappe (rechts Tricuspidalis, links Mitralis) bildet.

Dieser Annulus fibrosus scheidet nun jederseits die Muskulatur des Atrium von der des Ventrikels; doch nicht vollständig. Einzelne wenige Muskelfasern, die Blockfasern, vermitteln eine Continuität zwischen Atrium- und Ventrikel-Muskulatur.

Die Anordnung der Muskelfasern in den Atrien und Ventrikeln ist eine sehr complicierte. Sie verlaufen z. T. transversal d. h. parallel dem Annulus fibrosus, z. T. senkrecht dazu, also vertical, z. T. mehr oder weniger schräg, z. T. schliesslich in Achtertouren und spiralförmig um den Ventrikel herum. Dabei bleiben in den Ventrikeln die Züge nicht bloss in einer Ebene,

sondern die verschiedenen Schichten anastomosieren und verflechten sich miteinander. Die äusseren Schichten der Ventrikel einerseits und der Atrien andrerseits umfassen beide Hälften, rechte und linke, gemeinschaftlich. Daher contrahieren sich die beiden Ventrikel gemeinsam und ebenso die beiden Atrien. Die Herzspitze wird allein von der Muskulatur des linken Ventrikels eingenommen. Hier entsteht durch die dichte Verflechtung verschiedener Faserzüge ein Wirbel, Vertex cordis.

Die Muskelbündel, welche die Herzwand construieren, springen mehr oder weniger frei in das Innere der Herzhöhlen hervor, in den Ventrikeln in verschiedenster Richtung = Trabeculae carneae, in den Vorhöfen mehr parallel, wie die Zähne eines Kammes = Mm. pectinati.

Eigentümlichkeiten der Herzmuskulatur.

a) Histologisch.

Die Muskelfasern:

1. haben kein Sarkolemm,
2. anastomosieren vielfach,
3. zerfallen in Zellterritorien,
   (bei gewöhnlicher quergestreifter Muskulatur: Kerne ohne bestimmte Anordnung, in grosser Zahl an der Oberfläche der Fasern dicht unter dem Sarcolemm;
   bei Herzmuskulatur: Kerne im Innern der Fasern annähernd central, in gleichen Abständen, so dass jedem Kern ein gewisses Zellterritorium entspricht).
4. Die Muskelfasern der einzelnen Herzabschnitte weisen unter einander Verschiedenheiten auf; z. B. sind die der Atrien (beim Frosch) weniger verästelt und schlanker als die der Ventrikel.

b) Physiologisch.

1. Jeder überhaupt wirksame Reiz ruft immer eine maximale Contraction hervor, während bei den übrigen quergestreiften Muskeln die Grösse der Contraction mit der Grösse des Reizes wächst.

2. Der Herzmuskel verliert während seiner Contraction vollkommen seine Erregbarkeit. Dieses Stadium der Nicht-Reizbarkeit nennt man das „refraktäre Stadium.“

3. Aus diesem Grunde ist der Herzmuskel nicht tetanisierbar;

denn immer muss erst das Stadium der Contraction abgelaufen, das Stadium der Erschlaffung eingetreten sein, ehe ein Reiz wieder wirksam werden kann. Wechselströme von grösserer Frequenz rufen also nur rhythmische Contraction hervor.

4. Im Stadium der Erschlaffung nimmt die Erregbarkeit wieder zu. Trifft den Muskel dann ein Reiz, so ist die Contraction um so grösser, je später die Reizung erfolgte. Die auf eine solche „Extrasystole" folgende Pause bis zur nächsten Contraction ist länger als die gewöhnliche zwischen zwei Contractionen liegende Pause, daher „compensatorische Pause" genannt.

5. Von einer local begrenzten Reizstelle läuft die Contraction wellenartig über das ganze Herz hin. Eine solche Contractions-

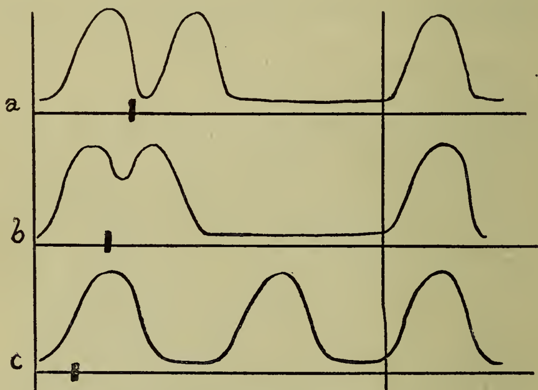


Fig. 7. Wirkung eines Inductionsreizes; bei a und b fällt der Reiz in das Stadium der Erschlaffung, es erfolgt eine Extrasystole, und darauf tritt eine compensatorische Pause ein; bei c fällt der Reiz in die refraktäre Phase, keine Extrasystole erfolgt.

welle kann von jedem Punkte in jeder Richtung durch die ganze Muskulatur sich fortpflanzen. Ihre Geschwindigkeit beträgt beim Frosch 100—200 mm in der Sek. (bei den Skelettmuskeln des Frosches 3 m in der Sek.), sie wird durch Abkühlung stark herabgesetzt. Die Leitungsfähigkeit ist in den einzelnen Herzabschnitten verschieden, am langsamsten in dem die Atrien und Ventrikel verbindenden Teil (den Blockfasern).

Klappen.

Damit der Blutstrom im Herzen sich stets in der bestimmten gleichen Richtung fortbewege, nämlich von den Atrien nach den Ventrikeln und von da nach Arterien, bedarf es besonderer Apparate, der Klappen oder Ventile. Diese stellen Duplikaturen der innersten Wandschicht dar und liegen in der Richtung des Blutstromes so, dass sie beim Hindurchströmen des Blutes an die Wand gedrückt werden, sich aber bei der Stauung des Blutes alsbald schliessen und ein Rückströmen unmöglich machen.

a) Die Valvulae atrioventriculares (= Segelventile).

Sie liegen an der Grenze von Vorkammer und Kammer, verhindern also bei der Systole der Ventrikel das Regurgitieren des Blutes aus diesen in die Vorkammer und damit in die Venen. Sie sind Duplicaturen des Endocards, verstärkt durch Faserzüge vom Annulus fibrosus. Jede Valvula ist in Zipfel gespalten. Jeder Zipfel stellt ein gleichschenkliges Dreieck dar, dessen Basis im Annulus fibrosus inseriert, während die Spitze des Dreiecks in den betreffenden Ventrikel hineinhängt. Von den Schenkeln des Dreiecks (= freiem Rande der Klappe) und der Spitze gehen Sehnenfäden, Chordae tendineae, zu den aus der Ventrikelwand warzenförmig hervorspringenden Mm. papillares (zwischen je 2 Zipfel ein M. papillaris). Man vergleicht diese Klappen mit Segeln, die Chordae tendineae mit den das Segel fixierenden Tauen. Während der Ventrikel sich durch das noch offene Ostium atrioventriculare füllt, tritt schon das Blut zwischen Klappe und Wand, entfernt die Klappe (und zwar zuerst ihren basalen Teil) von der Wand und nähert die Klappen einander, die Klappen werden „gestellt“. Wenn nun der völlig gefüllte Ventrikel anfängt, sich zu contrahieren, werden die Klappen vollständig geschlossen. Die Klappen würden durch den während der Ventrikelcontraction herrschenden Druck in das Atrium hineingeschlagen werden, wenn nicht zugleich mit der Ventrikelcontraction auch die Mm. papilares (= ein Teil der Ventrikelmuskulatur) sich durch Contraction verkürzten und die Klappen im Ostium atrioventriculare fixierten.

Am rechten Ostium atrioventriculare hat die Klappe 3 Segel (Zipfel) = Valvula tricuspidalis: ein vorderes, ein hinteres und ein am Septum ventriculorum gelegenes Segel, also auch 3 Papillarmuskeln. Am linken Ostium finden sich nur 2 Segel =

Valvula bicuspidalis oder mitralis: ein vorderes, Aortensegel, und ein hinteres, Vorhofssegel; also 2 Papillarmuskeln. Die Zipfelränder der Valvula tricuspidalis bilden von oben gesehen beim Schluss ein Y, die der Valvula bicuspidalis eine (annähernd) grade Linie.

b) Die Valvulae semilunares (= Klappenventile).

Jede derselben bildet mit der Arterienwand eine Tasche (Sinus Valsalvae), in der sich das zurückströmende Blut fängt. Dadurch nähern sich die freien, concaven Ränder (jeder von ihnen wird durch den in der Mitte befindlichen Nodulus Arantii in die beiden Lunulae geteilt), legen sich aneinander in Y-Form und stellen den Verschluss der Arterie gegen den Ventrikel her. Die beiden Arterien, Aorta und A. pulmonalis, haben je 3 Klappen (s. Figur). Bei der Anlagerung treten nicht bloss die freien Ränder zusammen, sondern auch noch ein Teil der nach dem Ventrikel zugekehrten Fläche der Klappen („Anlagerungsteile").

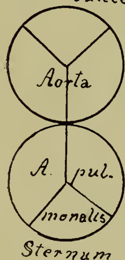


Fig. 8.

Bedeutung der Atrien.

Sie dienen:

1. als Streichmaasse. In der Diastole wird das aus den Venen langsam und stetig fliessende Blut in der für die schnelle vollständige Füllung der Ventrikel nötigen Menge gesammelt.

2. als Klappensteller. Durch die Systole der Atrien wird das Blut unter Druck in die Ventrikel getrieben, dadurch werden die Segelventile (s. o.) von der Ventrikelwand entfernt und einander genähert, „gestellt".

3. zur Arbeitsersparnis. Es wird durch den erhöhten Druck des eintretenden Blutes die Ventrikelmuskulatur gespannt. Die Arbeitsgrösse eines schon in der Ruhe gespannten Muskels ist aber beträchtlich erhöht.

Capacität der Herzhöhlen.

Die mittlere Blutmenge, welche bei der Contraction der Ventrikel in die Arterien geworfen wird, und bei der Contraction der Atrien in die Ventrikel, beträgt im Mittel

80 ccm = 85 g Blut = $^1/_{60}$ der gesamten Blutmenge

(nach früheren Angaben 180 ccm). Dadurch, dass beide Ventrikel

dieselbe Capacität haben, sowie durch ihre synchrone Thätigkeit wird verhindert, dass es im Lungen- oder im Körperkreislauf zur Blutanstauung bez. zur Blutleere kommt.

Diastole.

In der Diastole stellt das Herz einen stark abgeplatteten schiefen Kegel dar, dessen Basis (= Ventrikel und Vorhofsgrenze, äusserlich der Sulcus circularis cordis) eine Ellipse ist mit grosser transversaler und kleiner sagittaler Axe. Die Höhe des Kegels (= Längsaxe des Herzens) bildet mit der Basis nach rechts einen stumpfen Winkel.

Die Diastole ist ein rein passiver Akt. Die erschlafften Wände werden durch das einströmende Blut ausgedehnt. In die erschlafften Vorhöfe strömt das Blut aus den Venen. Durch das oben erwähnte Herabsteigen der Atrioventrikulargrenze wird zugleich eine saugende Wirkung von den Vorhöfen auf das einfliessende Blut ausgeübt. In den Ventrikeln ist der Druck in der Diastole negativ, dazu kommt ihre Füllung noch unterstützend die Vorhofssystole.

Systole.

In der Systole wird die Herzbasis nahezu kreisrund (der grosse Ellipsendurchmesser wird fast um $^1/_3$ verkleinert), die Höhe bildet mit der Basis annähernd einen rechten Winkel und wird verkürzt, die Herzspitze wird emporgehoben.

Bei der Verkürzung der Längsaxe bleibt die Herzspitze an ihrem Orte, nur die Basis nähert sich ihr, rückt also herab.

Ausserdem wird das ganze Herz etwas um seine Längsaxe von hinten nach vorn gedreht im Sinne der Supination der rechten Hand, weil die Aorta und die A. pulmonalis, an denen das Herz aufgehängt ist, die aufsteigende Spirale, die sie miteinander bilden, bei ihrer Füllung aufzurollen streben.

Die Contraction des Herzens beginnt an den beiden Einmündungsstellen der grossen Venen in die beiden Vorhöfe, geht von da zuerst auf die beiden Vorhöfe, dann auf die beiden Ventrikel über.

Die beiden Vorhöfe contrahieren sich also gleichzeitig, isochron, ebenso die beiden Ventrikel. Während der Systole der

Vorhöfe sind die beiden Ventrikel in Diastole und umgekehrt.

Innerhalb der einzelnen Herzabschnitte, Vorhöfe bez. Ventrikel, findet die Contraction nicht an allen Stellen zugleich statt, sondern breitet sich wellenartig in der oben angegebenen Richtung aus („Peristaltik des Herzens").

Rhythmus.

Auf die Systole der Vorhöfe folgt unmittelbar die der Ventrikel, danach tritt eine Pause ein bis zum Beginn der nächsten Vorhofssystole. Das ganze nennt man einen Herzschlag.

Beim erwachsenen Manne beträgt

1 Herzschlag = 0,8 Sek.

Davon kommen auf

die Systole der Vorhöfe = 0,3 Sek.
die Systole der Ventrikel = 0,4 Sek.
die Pause = 0,1 Sek.

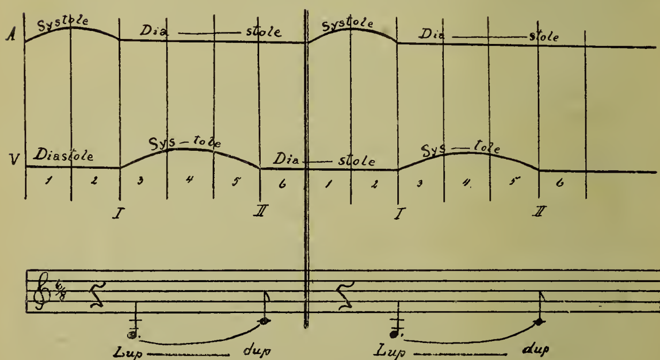


Fig. 9. Schema für Rhythmus und Töne des Herzens.

Die Zahl der Herzschläge beim erwachsenen Menschen beträgt in der Minute 75. In der Jugend ist sie grösser (beim Foetus 140—150), ebenso zeigt sich im Alter eine geringe Zunahme. Ausser dieser säcularen Periode zeigt die Zahl der Herzschläge auch eine tägliche: am grössten ist die Zahl nach der Hauptmahlzeit. Ferner ist sie abhängig von der Körperlänge, vom Geschlecht,

von psychischen Einflüssen, sie ist erhöht nach Muskelanstrengung und im Fieber. Bei den verschiedenen Tieren variirt die Zahl innerhalb weiter Grenzen.

Um den Rhythmus zu studieren, lässt man das Herz seine Thätigkeit aufschreiben. Dies geschieht

a) auf myographischem Wege: Direkte Registrierung der Muskelcontraction; am einfachsten, indem die verschiedenen Teile des blossgelegten Herzens an einem Schreibhebel ziehen (Suspensionsmethode).

b) auf tonographischem Wege: Messung des Druckes in den verschiedenen Herzhöhlen mittelst Hg-Manometers.

c) durch Registrierung der Volumenveränderungen, die das Herz bei seiner Contraction in einem luftdicht abgeschlossenen Raum hervorbringt.

Auf diese Weise erhält man Curven: Cardiogramme.

Symptome der Herzthätigkeit.

1. mechanische: der Spitzenstoss.

Während der Zusammenziehung der Ventrikel sieht man an der Stelle der Herzspitze, d. h. im 5. linken Intercostalraum zwischen Parasternal- und Mamillarlinie die Herzwand pulsieren, und die aufgelegte Hand fühlt dort eine Erschütterung, den Spitzenstoss (Herzstoss).

Die Ursache desselben ist die plötzliche Erhärtung und Verdickung des Herzens und die Erhebung der Herzspitze. Ausserdem werden als Ursachen angeführt: der bei der Austreibung des Blutes nach hinten und oben erfolgende Rückstoss des Herzens in entgegengesetzter Richtung (wie bei einer Turbine) nach unten und vorn; ferner die erwähnte Supinationsbewegung des Herzens.

Auch den Spitzenstoss kann man graphisch registrieren lassen und erhält ebenfalls ein Cardiogramm.

2. akustische: Herztöne.

Man hört 2 Herztöne an der Brustwand über dem Herzen:

Der erste Herzton dumpf, tief (dem g entsprechend), gedehnt, fällt zeitlich mit dem Herzstoss, also mit der Systole der Ventrikel zusammen, „Systolischer Ton“. Er ist über dem Ventrikel, am stärksten über der Herzspitze zu hören. Da er auch am blutleeren Herzen auftritt, kann er nicht oder nur zum kleinen

Teil von der Spannung der Segelventile herrühren. Er ist hauptsächlich ein Muskelton.

Der zweite Herzton kürzer, heller (dem c entsprechend), entsteht beim Beginn der Ventrikel-Diastole, „diastolischer Ton". Er ist ein reiner Klappenton, durch Spannung der Taschenventile bei ihrem Schluss, daher am deutlichsten über der Aorta und A. pulmonalis im 2. Intercostalraum rechts bezw. links neben dem Sternum.

3. elektrische.

Infolge der Muskelcontraction bei der Systole entsteht jedes Mal eine negative Schwankung (s. Muskelphysiologie). Dieselbe ist am blossgelegten Herzen mittelst des stromprüfenden Nerv-Muskelpräparates vom Frosche (dem physiologischen Rheoskop) nachzuweisen, am lebenden Menschen vermittelst des Capillar-Elektrometers.

Mechanische Arbeit des Herzens.

Die mechanische Arbeit wird gemessen durch das Produkt aus der gehobenen Last und der erreichten Höhe = Q. h. Als Einheit dient das Kilogrammeter, Kgm. h ist die Höhe, bis zu welcher das Herz die in ihm enthaltene Blutmenge vermöge seiner Contraction drücken würde, also = dem Druck, er beträgt im linken Ventrikel rund 2 m Blutsäule. Q ist das Schlagvolumen = 0,085 kgr.

Daraus ergiebt sich für den linken Ventrikel als Arbeitsleistung bei jeder Systole = 0,085 × 2 = 0,87 Kgm. für rechten Ventrikel beträgt sie etwa $^2/_5$ von der der linken = 0,06 Kgrm.

Zu dem obigen Wert kommt eigentlich noch die Arbeit hinzu, die der Ventrikel leistet, indem er dem ausgetriebenen Blut eine gewisse Geschwindigkeit (= v = 0,5 m in der Sek. für die Aorta) erteilt. Diese Arbeit ist = Q. h^1. Es lässt sich h^1 berechnen aus der Formel

$$v = \sqrt{2gh^1}; \quad h^1 = \frac{v^2}{2g} = \frac{0{,}5^2 \text{ m}}{19}$$

$$\text{Also Arbeit} = \frac{0{,}085.\ 0{,}5^2}{19} \text{ Kgm.}$$

Dieser Betrag ist so klein im Verhältnis zu obigem h, dass er vernachlässigt werden kann.

Die oben angegebenen Kgm. kann man auf Grund des mechanischen Wärme-Äquivalents (s. Einl.) auch in Calorien umrechnen.

Innervation des Herzens.

A) Nerven, die von aussen zum Herzen herantreten.

Sie sammeln sich im Plexus cardiacus (zwischen Aortenbogen und Teilungsstelle der A. pulmonalis). Es sind der Vagus und die Rami cardiaci des Sympathicus, aus dem letzten Brust- und ersten Halsganglion; sie sind in gewissem Sinne Antagonisten.

a) Vagus ist der Hemmungsnerv.

Durchschneiden beider Vagi bewirkt Vermehrung der Pulsfrequenz; daher befinden sie sich normalerweise in einem Zustand schwacher andauernder (tonischer) Erregung vom Centrum her. Reizung der peripherischen Enden der durchschnittenen

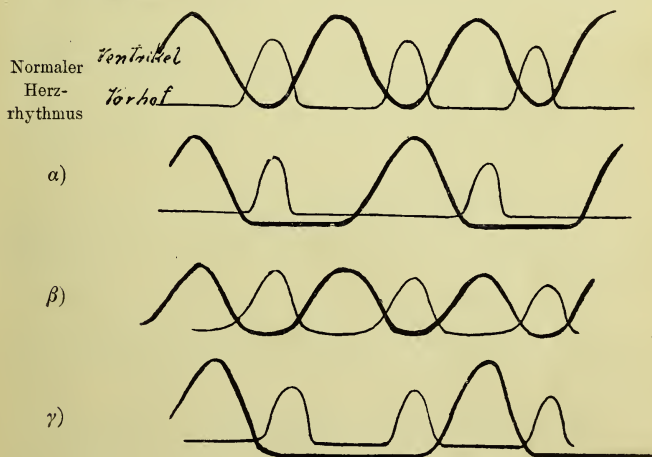


Fig. 10.

Vagi setzt Herzstillstand. Diese Wirkung ist eine sehr komplizierte; sie setzt sich zusammen aus einer

α) chronotropen-Wirkung: Verminderung der Schlagfrequenz;

β) inotropen-Wirkung: Die Contraction ist nicht mehr maximal;

γ) dromotropen-Wirkung: Die Fähigkeit der Reizleitung ist herabgesetzt, bes. an der Atrioventrikulargrenze: „Blockierung der Reizleitung";

δ) erregbarkeitsändernden Wirkung.

Das Herzhemmungscentrum liegt im verlängerten Mark ein wenig entfernt vom Atemcentrum. Es kann gereizt werden direkt:

1. durch O-Mangel und CO_2-Anhäufung im Blut,
2. durch Steigerung des Blutdruckes,
3. durch gewisse Gifte z. B. Digitalin;

indirekt, reflektorisch:

1. durch psychische Erregung vom Gehirn aus (plötzlicher Schreck kann Herzstillstand hervorrufen),
2. von peripherischen, sensiblen Nerven aus z. B. Klopfen auf das Abdomen ruft beim Frosch Herzstillstand hervor (Goltz'scher Klopfversuch),
3. vom Herzen selbst aus, so dass es sich selbst regulieren kann.

Es kann gelähmt werden, also Beschleunigung des Herzschlages erfolgen durch Blutdruckerniedrigung.

Ausserdem giebt es Gifte, die die Vagusendigungen im Herzen treffen:

1. lähmend: Atropin, Curare in starker Dosis,
2. erregend: Muscarin, Nicotin und Digitalin. Die Curarewirkung wird durch Nicotin, die Atropinwirkung durch Muscarin aufgehoben.

b) Rami cardiaci N. Sympathici, Nn. accelerantes.

Es sind die Beschleunigungsnerven des Herzens. Die oben unter α—γ aufgeführten Wirkungen des Vagus fallen hier positiv aus.

Die Acceleratoren stammen aus dem Rückenmark; ihr Centrum, das Beschleunigungscentrum, liegt ebenfalls in der Medulla oblongata neben dem Hemmungscentrum, es wird normaler Weise nicht tonisch erregt. Doch kann es reflektorisch vom Gehirn aus (psychische Einflüsse) und vom Herzen aus zur Regulierung desselben gereizt werden.

Bei gleichzeitiger Reizung des Vagus und der Acceleratoren ist die Gesamtwirkung nicht gleich der algebra-

ischen Summe der Einzelwirkung, vielmehr corrigiert der Vagus gleichsam die Erregung der Acceleratoren.

B. Innerhalb des Herzens selbst liegen Ganglienhaufen

vom Hohlvenensinus bis zur Kammerbasis. Stärkere Anhäufungen derselben sind:

1. im Hohlvenensinus beim Frosch, Remak'sche-Ganglien,

2. an der Atrioventrikulargrenze, Bidder'sche-Ganglien.

Ursache der Herzthätigkeit.

Welches dieselbe sei, ist noch nicht völlig geklärt. Jedenfalls liegt sie im Herzen selbst, da das herausgeschnittene Herz noch einige Zeit hindurch (bei Kaltblütern bisweilen einige Tage) regelmässig weiter schlägt. Vagus und Sympathicus haben nur einen regulierenden Einfluss. Die einen sehen die eben genannten Ganglienhaufen als automatische Centra an, bes. die Remak'schen-Ganglien, während den Bidder'schen-Ganglien nur die Reizübertragung und Leitung zukommt (Stanius'sche Versuch).

Andre schreiben der Muskelfaser selbst die Fähigkeit automatischer rhythmischer Contraction zu. Sie führen zum Beweise dafür an:

1. Das Herz pulsiert schon im Embryo regelmässig zu einer Zeit, wo keine Nerven und Ganglien darin nachzuweisen sind. Diese wachsen vielmehr erst später vom Rückenmark aus in das Herz hinein.

2. Auch die abgetrennte Herzspitze der erwachsenen Tiere schlägt regelmässig weiter, und doch sind keine Ganglien bis jetzt darin gefunden.

3. Auch das durch Zickzackschnitte (senkrecht zur Längsaxe) spiralig angeschnittene Herz bewahrt seine Reizleitung.

4. Erwärmung der Venen bedingt eine beschleunigte Contraction des ganzen Herzens, während Erwärmung des Atriums oder Ventrikels keine Beschleunigung hervorruft. Dies müsste der Fall sein, wenn die Contraction nur durch Ganglien oder Nervenfaservermittlung zu Stande käme, da ja auch in den Atrien und Ventrikeln sich solche finden.

5. Die normale Herzcontraction geht als peristaltische Welle von den Venenmündungen aus. Doch kann man künstlich auch eine antiperistaltische Welle erregen; es findet also „reciproke Leitung“ im Herzen statt. Diese kann nur den Muskel betreffen, denn keine Nervenzelle leitet in entgegengesetzter Richtung (s. Allgemeine Nervenphysiologie).

---

10. Kreislauf.

Bau der Gefässe.

An der Wand der Arterien und der Venen unterscheidet man (von aussen nach innen gehend) Adventitia, Media, Intima, Endothel. Endothel = einfache Lage polygonaler Zellen. Adventitia und Intima der Arterien und Venen sind bindegewebiger Natur. Die Media, besonders stark in den Arterien entwickelt, enthält glatte Muskelfasern; diese Muskulatur, ringförmig angeordnet (quergestellte Kerne), findet sich am reichlichsten in den mittleren und kleinen Arterien, während in den ganz grossen Arterien (Aorta) die Media überwiegend elastische Lagen besitzt. Daher wohnt den mittleren und kleinen Arterien besonders die Fähigkeit der Verengerung und Erweiterung (Contraction und Erschlaffung) inne.

Die Venen haben eine dünnere Wand als die Arterien, ihre dünnere Media enthält vorwiegend elastische Elemente, nur wenig Muskelfasern, in der Längsrichtung angeordnet (längsgestellte Kerne).

Die Venen haben vielfach Klappen (Extremitätenvenen, V. iugularis etc.), welche, von der Intima gebildet, analog den Semilunarklappen der Aorta construiert sind und dem Blute nur in der Richtung zum Herzen zu strömen gestatten.

Die Capillaren bestehen nur aus Endothelien, platten Spindelzellen mit längsovalen Kernen. Ihr Durchmesser beträgt etwa 2—6 μ, ihre Länge etwa 0,5 mm.

Verzweigung der Gefässe.

1. Die Arterien (und Venen) teilen sich dichotomisch, d. h. stets in 2 unter spitzem Winkel zu einander abgehende Äste.

2. Die Lumina zweier Tochterarterien (und Venen) zusammen sind grösser als das Lumen der Mutterarterie.

Ausnahme: Aorta abdominalis und die beiden Arteriae iliacae comm.

Daher wird der Gesamtquerschnitt vom Herzen zu den Capillaren fortwährend grösser, von den Capillaren zum Herzen hin fortwährend kleiner.

3. Auf eine Arterie kommen meist 2 Venen.

Allgemeine Sätze für die Blutbewegung.

1. Das Blut als tropfbare Flüssigkeit ist so gut wie inkompressibel, von stets gleichem Volumen.

2. Das Volumen des Blutes im Körper ist in jedem Augenblick grösser als die Capacität des Gefässsystems, dessen Wandungen daher bes. im arteriellen System stets in elastischer Spannung sich befinden und wiederum einen Druck auf das Blut ausüben. Diese „Spannung des ruhenden Blutes“ beträgt in den Arterien etwa 10—15 mm Quecksilber.

3. Das Blut unterliegt dem Gesetz der Schwere (daher Congestionen nach dem Kopf beim Bücken, Varicen am Unterschenkel), nur nicht im Wasser und im freien Fall.

4. Es ist dem Gesetz der Trägheit unterworfen. (Bei der Seekrankheit vermag es nicht so schnell den Schwankungen des Schiffes zu folgen, daher entsteht abwechselnd Blutleere und Blutfülle im Gehirn).

5. Das Blut bewegt sich von Punkten höheren Druckes (Arterien) zu Punkten niederen Druckes (Venen). Dabei unterliegt es den

Strömungsgesetzen von Flüssigkeiten.

1. Fliesst aus dem Boden eines Stand- oder Druckgefässes eine Flüssigkeit aus, so setzt sich der ganze über der Öffnung ruhende hydrostatische Druck in die lebendige Kraft der Ausflussgeschwindigkeit um. Diese wird berechnet nach dem Toricelli'schen Theorem $v = \sqrt{2\,gh}$ (Fallformel!).

2. Strömt die Flüssigkeit nicht direkt, sondern durch ein Rohr aus, so kann man sich den hydrostatischen Druck in zwei Componenten zerlegt denken. Die eine, die Geschwindigkeitshöhe, wird umgesetzt in die lebendige Kraft der Strom-

geschwindigkeit, dieselbe ist an allen Punkten der Röhre gleich und stellt sich dar als Ausflussgeschwindigkeit. Die andere Componente, die Druckhöhe, dient zur Überwindung des durch die Röhre gegebenen Widerstandes;[1]) sie stellt sich dar als Seitendruck (gemessen durch dem Rohr aufgesetzte Seitendruckröhren). Sie ist am grössten am Anfang der Röhre, nimmt gleichmässig bis zum Ende, wo sie = 0 ist, ab. Diese Componente ist um so grösser, die erste also um so kleiner, und damit die Ausflussgeschwindigkeit um so geringer:

a) Je länger das Rohr,
b) je kleiner der Querschnitt des Rohres,
c) je rauher die Innenfläche,
d) je zäher die Flüssigkeit[2]),
e) je grösser der Knickungswinkel bei einer etwaigen winkligen Biegung des Rohres ist.

Bezüglich der Zähigkeit der Flüssigkeit ist zu bemerken, dass Serum 2mal, Blut 4mal langsamer als Wasser fliesst.

3. Ist das Ausflussrohr an einer Stelle erweitert oder, was dasselbe bedeutet, in mehrere Äste verzweigt, so verändern sich für diesen Teil des Rohres die Werte der beiden obigen Componenten. Die Geschwindigkeitshöhe nimmt sehr stark ab, dem entsprechend die Druckhöhe sehr wenig.

Diese Ergebnisse können wir auf die Blutbewegung übertragen: Das Druckgefäss ist durch das Herz gegeben, die Röhre durch das Gefässsystem, die Erweiterung durch das Capillarsystem. Die Geschwindigkeit nimmt im Capillarsystem in der That stark ab. Nur in Bezug auf den Druck muss eine Correction eintreten. Da die Erweiterung im Gefässsystem durch sehr viele überaus enge Verzweigungen erfolgt, so wachsen die

---

[1]) Sie geht nach dem Gesetz von der Erhaltung der Energie als Reibung in Wärme über.

[2]) Wenn die Flüssigkeit die Wand benetzt, so bleibt an der Wandung der Röhre eine ruhende Schichte von Flüssigkeitsteilchen haften, an welcher die bewegte Flüssigkeit sich reibt. Dies setzt den eigentlichen Widerstand, und diesen zu überwinden (also nicht die Adhäsion der Flüssigkeit an die Röhrenwand, sondern die innere Cohäsion der centralen Schicht und der Wandschicht) wird die Druckhöhe verbraucht. Ganz dasselbe gilt für das Blut. Dass dabei die schwereren roten Blutkörperchen in dem Axenstrom (grösste Geschwindigkeit) sich ansammeln, die leichteren weissen in der Peripherie (kleinste Geschwindigkeit), ist eine Erscheinung, die den Wirkungen der Centrifugalkraft analog ist.

Widerstände ausserordentlich, und daher wird fast die Hälfte des ganzen Widerstandsdruckes gerade in dem erweiterten Teil, in den Capillaren, verbraucht.

Indess weicht der Blutkreislauf noch in zwei wesentlichen Punkten vom obigen Schema ab:

a) der Ausfluss des Blutes aus dem Herzen findet nicht continuirlich statt;

b) das Blut fliesst nicht in starren Röhren.

4. Wir können deswegen den Kreislauf vergleichen mit der Bewegung einer Flüssigkeit in einem elastischen Rohr (Gummischlauch), in das sie durch regelmässige Stösse eines Stempels hineingetrieben wird.

In diesem Fall entsteht durch den Stoss des Stempels unmittelbar hinter ihm eine Anschwellung, ein Berg, welcher sich wellenförmig über den ganzen Schlauch mit abnehmender Stärke ausbreitet (positive oder Bergwelle). Je höher die Bergwelle ist, um so kürzer ist sie, und um so langsamer pflanzt sie sich fort.[1]) In diese Ausbuchtung, diesen Berg weicht die durch den Stempel vorgetriebene Flüssigkeit aus, es kommt daher nicht, wie bei einer starren Röhre, zu einem gleichmässigen Vorrücken der ganzen Flüssigkeitssäule im Rohr infolge des Stempelstosses, vielmehr beschränkt sich die stossweise Vorwärtsbewegung der Flüssigkeit nur auf die dem Stempel benachbarten Teile. Weiterhin tritt die Elastizität der Wandung in Wirksamkeit. Indem der Berg wieder seiner Gleichgewichtslage zustrebt, drückt er einen Teil, der in ihm enthaltenen Flüssigkeit in der Richtung der Schlauchwelle vorwärts. Die einzelnen Flüssigkeitsteilchen in jedem Berg beschreiben daher keine kreisförmige, sondern eine elliptische Wellenbewegung. Diese Ellipse wird um so flacher, die Vorwärtsbewegung der Flüssigkeitsteilchen also um so entschiedener und gleichmässiger, je niedriger die Welle wird, d. h. gegen das Ende des Schlauches hin. Damit aber auch dann die Flüssigkeit sich nicht bloss gleichmässiger bewegt, sondern continuirlich strömt, ist noch nötig, dass die Stempelstösse so schnell auf einander folgen, dass jeder folgende einsetzt, bevor die Wirkung des anderen am Schlauchende abgelaufen ist.

---

[1]) Man kann die Bewegung in starren Röhren als Specialfall dieser Bewegung im Schlauch ansehen, wobei die Höhe der Welle unendlich klein, ihre Fortpflanzungsgeschwindigkeit also unendlich gross ist.

Ähnlich liegen die Verhältnisse beim Kreislauf. Das Herz wirkt als Stempel, es wirft nur die in ihm enthaltene Blutmenge unter starkem Druck in den Anfangsteil des Gefässsystems. Die weitere Fortbewegung bewirken die elastischen Kräfte der Arterienwand. Die stossweisen undulatorischen Bewegungen der Arterienwand setzen sich um zur gleichförmigen translatorischen Bewegung des Blutes, im steigenden Maasse

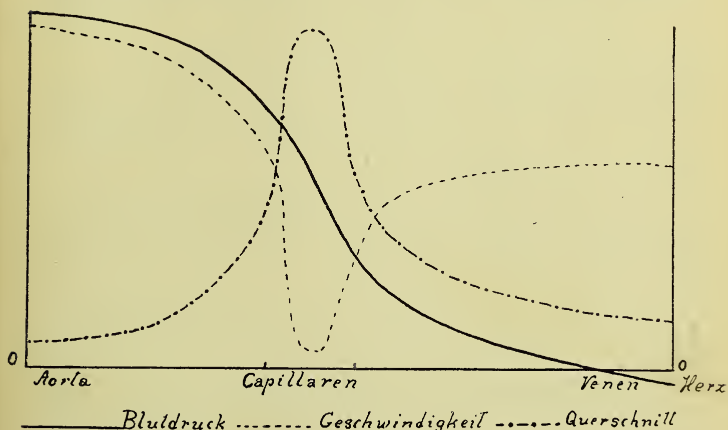


Fig. 11.

gegen das Ende der Welle. Diese setzt sich mit wenig verminderter Kraft bis in die kleinsten Arterien fort. Erst hier wachsen infolge der Verzweigungen die Widerstände so, dass sie fast plötzlich erlischt. Hier also wird die Bewegung des Blutes völlig gleichförmig; zugleich werden dadurch die zarten Capillaren vor den Stössen der Herzcontraction bewahrt, denen sie nicht gewachsen wären.

Damit nun der Strom auch ein continuirlicher wird, folgen die Systolen sich so schnell aufeinander, dass es zwischen ihnen nicht zur Ausgleichung der Druckdifferenzen im Gefässsystem und damit zur Ruhe des Blutes kommen kann. Jede folgende Systole setzt durch das Einpressen einer neuen Blutmasse eine neue Druckerhöhung, bevor die aus der vorhergehenden Systole resultierende sich ausgeglichen hat. Dadurch wird der Druck vor den Capillaren dauernd so erhöht, dass

gerade soviel Blut durch diese hindurch in die Venen getrieben wird, als Blut aus dem Herzen jedesmal in die Aorta hineingeworfen wird.

Es entsteht so im ganzen Gefässsystem ein continuirlicher gleichmässiger[1]) Kreislauf des Blutes.

Die Elastizität der Arterien also

1. erspart dem Herzen die Arbeit der Fortbewegung des Blutes;
2. treibt das Blut stetig durch die Capillaren, wirkt also wie der Windkessel einer Feuerspritze.

Die Rhythmik und Frequenz des Herzens bewirkt die Continuität des Stromes im ganzen System. In den Arterien in der Nähe des Herzens strömt das Blut intermittierend, in den mittleren Arterien remittierend, in den Capillaren gleichförmig und continuirlich.

Die wesentlichen Principien der Blutbewegung hat E. H. Weber aufgestellt und danach aus Gummischläuchen ein Modell des Kreislaufes angefertigt.

Pulslehre.

Die Bergwelle giebt sich an den Arterien als Puls zu erkennen.

Ihre Fortpflanzungsgeschwindigkeit beträgt rund 9 m in der Sekunde. E. H. Weber bestimmte sie aus der Differenz des Pulses an zwei von einander möglichst entfernten Arterien (dorsalis pedis und maxillaris externa). Da die Systole des Herzens etwa $^1/_3$ Sekunde dauert, so würde die Welle in dieser Zeit 3 m zurücklegen. Die grösste Entfernung vom Aortenursprung bis zum Anfang der Capillaren ist aber beträchtlich kleiner. Es hat daher die ganze Pulswelle der Systole im Körper keinen Platz, kann nicht ganz ablaufen; oder mit anderen Worten, die Welle hat bereits die Capillaren erreicht, wenn das Herz noch fortfährt, Blut in die Aorta zu pressen.

Die Veränderung, welche die Gefässwand unter der andrängenden Pulswelle erleidet, kann man durch das Getast wahrnehmen; man legt die Finger auf eine grössere Arterie auf (Art. radialis am Vorderarm) oder man lässt dieselben sich selbst verzeichnen vermittelst besonderer Apparate (Sphygmograph von Marey); man erhält dann ein Sphygmogramm, Pulscurve.

[1]) d. h. an jeder Stelle des Kreislaufs herrscht dynamisches Gleichgewicht, Zufluss und Abfluss sind gleich gross.

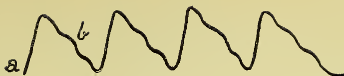


Fig. 12. Pulscurve der A. radialis.

Der absteigende Schenkel b derselben zeigt noch eine Erhebung (Dikrotismus); dieselbe ist als eine Rückstosselevation zu betrachten, die zu Stande kommt durch den Anprall des gegen die geschlossenen Semilunarklappen anströmenden Blutes. Bisweilen folgen noch einige kleinere Erhebungen, von elastischen Nachschwingungen der Arterienwand herrührend.

Die Frequenz des Pulses ist dieselbe, wie die des Herzschlages; alles dort gesagte trifft auch hier zu.

Andere Eigenschaften des Pulses, über die man sich, wie über die Frequenz durch das Fühlen überzeugen kann, sind Grösse (Höhe der einzelnen Pulswelle), Schnelligkeit (mit der sich die Arterie erweitert), Härte (der Widerstand, den die Arterie dem sie komprimierenden Finger entgegensetzt), Fülle (mittlerer Füllungszustand der Arterie) und Regelmässigkeit.

Stromgeschwindigkeit des Blutes.

Diese, die translatorische Geschwindigkeit, (wohl zu unterscheiden von der undulatorischen, der oben angegebenen Pulswellengeschwindigkeit) wird an grösseren Gefässen durch besondere Apparate bestimmt:

1. Volkmann's Hämodrometer (s. Fig. 13).

Ein U-förmiges Rohr wird, mit Sodalösung zur Verhütung der Blutgerinnung gefüllt, in ein Blutgefäss eingefügt; je nach der Stellung der Hähne fliesst das Blut auf dem graden Wege oder, es wird in die längere Bahn der Glasröhre abgelenkt. Aus der Länge der Röhre und der Zeit, welche das Blut gebraucht, um sie zu durchlaufen, wird die Geschwindigkeit bestimmt.

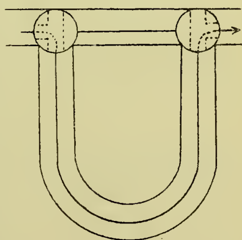


Fig. 13.

2. Ludwig's Stromuhr lässt wiederholte Messung nach ähnlichem Prinzip zu.

3. Vierordt's Hämotachometer. Ein Strompendel in einem Messingkästchen wird proportional der Schnelligkeit des Blutstromes abgelenkt; der Apparat muss empirisch geeicht werden.

4. Chauveau-Lortet's Hämodromograph: Ein in das Lumen der Arterie eingefügtes Stäbchen wird, wie das Strompendel abgelenkt.

Aus Messungen mit diesen Apparaten hat sich ergeben, dass die Geschwindigkeit des Blutstromes

in der Aorta etwa $^1/_2$ m,
in den Hohlvenen etwa die Hälfte also $^1/_4$ m in der Sekunde beträgt.

In den Capillaren lässt sie sich direkt unter dem Mikroskop beobachten, sie beträgt etwa 0,8 mm in der Sekunde, ist also etwa 600 mal geringer als in der Aorta. Hieraus kann man sich eine Vorstellung von der Zunahme des Querschnittes in den Capillaren machen, da ja die Geschwindigkeit umgekehrt proportional dem Querschnitt ist.

Hieran knüpft sich die Frage,

1. in welcher Zeit geht die ganze Blutmenge einmal durch das Herz hindurch?

Da ein Ventrikel rund $^1/_{60}$ des Gesamtblutes fasst, so werden 60 Systolen in 60 Herzschlägen = 60 × 0,8 Sekunden = rund 50 Sekunden die gesamte Blutmenge austreiben, also auch durch den Körper und die Lungen.

2. Wieviel Zeit braucht ein Blutkörperchen, um, den ganzen Kreislauf passierend, wieder an dieselbe Stelle zurückzukommen?

Hering spritzte centralwärts in eine V. jugularis eine unschädliche Lösung von Ferrocyannatrium ein. Das peripherische Ende der Vene entleerte sich in Näpfchen mit Eisenchlorid, die in bestimmten Abständen mit bekannter Geschwindigkeit vorbeigeführt wurden. Ferrocyannatrium, selbst in starker Verdünnung, giebt mit Eisenchlorid Berlinerblau. Es liess sich aus den Versuchen die „Umlaufszeit des Blutes" für den Menschen zu etwa 23 Sek. berechnen.

Blutdruck.

Wir haben schon gesehen, dass Druckdifferenzen die Ursache des Kreislaufes sind. Sie werden geschaffen durch die Contraction des Herzens; der Druck muss also dort und in den grossen Arterien am grössten sein und durch die Capillaren nach den Venen beständig absinken. Wir haben ferner bereits gesehen, dass der Druck vor den Capillaren eine gewisse Höhe bewahren muss, wenn eine continuirliche Strömung im ganzen System stattfinden soll, und schliesslich, dass der Druck in den Capillaren, trotzdem sie eine beträchtliche Erweiterung des Röhrensystems darstellen, sehr stark absinken muss. Die experimentelle Prüfung hat die Richtigkeit dieser Folgerungen ergeben. Gemessen wird der Blutdruck als Widerstandsdruck = Seitendruck (s. o.) durch dem Gefässsystem aufgesetze Seitenröhren.

Stephan Hales (1733) that dies zuerst, indem er in die Carotis des Pferdes ein offenes Glasrohr einband. Poiseuille bediente sich eines zweischenkligen mit Quecksilber gefüllten Manometers, dessen einer Schenkel in das centrale Ende einer Arterie eingebunden wurde. Ludwig fügte dabei zwischen Blut und Quecksilber eine die Gerinnung verhindernde Sodalösung ein und setzte auf den anderen offenen Schenkel einen Schwimmer, welcher die Schwankungen des Quecksilbers auf ein vorbeigeführtes Papier aufzeichnete. Dies ist die erste Anwendung der autographischen Methode in der Physiologie. Fick wandte das Princip des Buordon'schen Metallhohlfedermanometers an. Noch geeigneter sind die elastischen Manometer nach dem Princip von Marey's Tambour enregistreur.

Zu Bestimmung des Druckes in den Capillaren, z. B. der Haut, werden ihr Glasplättchen aufgedrückt, bis sie eben zu erblassen beginnt.

Da der Blutdruck in den Arterien infolge der Systolen des Herzens periodische Schwankungen zeigt, so kann nur der mittlere Blutdruck (also nicht die absolute Druckhöhe) bestimmt werden. Derselbe beträgt

in der Aorta etwa 180 mm Hg,

in den grösseren Arterien etwa 140 mm Hg,

nimmt bis zu den kleinsten Arterien nur sehr wenig ab (etwa $^1/_6$), ist

in den Capillaren etwa 20—40 mm Quecksilber,

und beträgt jenseits derselben

in den Venenanfängen nur noch etwa $^1/_{15}$ des ganzen Herzdruckes

und weiterhin nur wenige Millimeter. In den Venen im Thorax wird er sogar negativ, d. h. geringer als der Atmosphärendruck, sodass beim Anschneiden dieser Gefässe Luft in das centrale

Ende eindringt. Geschieht dies in beträchtlicher Menge, so kann durch Verstopfung der Lungencapillaren plötzlicher Tod eintreten. Dieser negative Druck wirkt zugleich fördernd auf die diastolische Füllung des Herzens. Er hat seinen Grund

1. in dem negativen Druck im Thorax, der durch die Inspiration verstärkt wird (s. Atembewegungen),

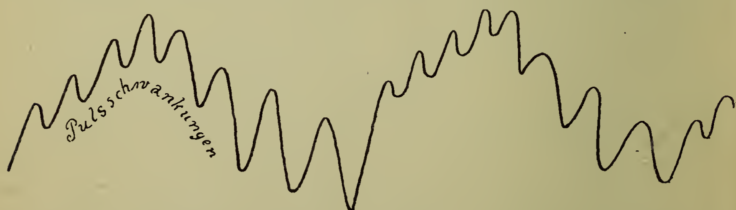
2. in dem Herabrücken der Herzbasis gegen die Herzspitze (s. Herz). Dies wirkt wie das Zurückziehen des Stempels in einem Schlauch, es entsteht eine negative, eine Thalwelle: die Flüssigkeit wird aspiriert.

Auch im Lungenkreislauf ist der Druck in den Aa. pulmonales am grössten, beträgt aber wegen des viel geringeren Widerstandes des ganzen Kreislaufs nur etwa ein Drittel des Aortendruckes, nimmt ausserordentlich in den Capillaren ab und wird in den grossen Venen nahe dem Vorhof negativ.

Der Druck in den Ventrikeln während der Systole muss natürlich den Druck in der Aorta bez. in den Aa. pulmonales übersteigen, er beträgt

im linken Ventrikel etwa 200 mm Quecksilber
im rechten etwa $^1/_3$ davon.

An einer selbstverzeichneten Blutdruckcurve sieht man ausser den kleineren pulsatorischen Schwankungen, den herz-systolischen Druckzunahmen, noch grössere, auf welche die ersteren aufgesetzt erscheinen. Diese grösseren, die sog. Atemschwankungen,



Atemschwankungen des Blutdrucks.
Fig. 14.

rühren von den durch die Respiration geschaffenen Änderungen des intrapulmonalen und damit auch des extrapulmonalen Druckes im Thorax her, welch letzterem die Gefässe (die Venen vielmehr als die hier sehr dickwandigen Arterien) unterliegen. Bei mässig

tiefer, häufiger Respiration wird während der Inspiration der intrapulmonale Druck vermindert, der extrapulmonale Druck und damit die Aspiration auf Herz und Gefässe (s. S. 79) erhöht; daher wird der Zufluss zum Thorax (in den Venen) und dadurch wieder die diastolische Füllung des Herzens befördert. Es steigt daher infolge der grösseren Blutfülle bei der Inspiration der arterielle Blutdruck. Bei der Exspiration tritt das umgekehrte ein. Von den erwähnten grösseren Schwankungen entspricht also die Inspiration der Erhebung, die Exspiration der Senkung [1]).

Beim Blutverlust, sobald derselbe nur $^1/_3$ der gesamten Blutmenge beträgt, sinkt der Mitteldruck nicht. Allgemeine Gefässverengerung tritt compensatorisch ein. Steigt aber der Verlust über die Hälfte der Blutmenge, so reicht diese Compensation nicht aus. Der Blutdruck sinkt tiefer und tiefer, und das Herz stellt seine Pulsationen ein. Füllung des Gefässsystems kann hier lebensrettend wirken, daher reicht selbst Transfusion von $^3/_4$ proc. Kochsalzlösung aus.

Innervation der Gefässe.

Die glatten Muskeln der Gefässe werden teils durch Centren, Ganglienhaufen, die in der Gefässwand selbst liegen, erregt, teils durch von aussen zutretende Nerven, Vasomotoren. Man unterscheidet gefässverengernde und -erweiternde Vasomotoren.

1. Gefässverengernde Nerven, Vasoconstrictoren.

Das Centrum der gesamten Vasoconstrictoren liegt paarig in der Medulla oblongata, im oberen Teil der Rautengrube. Die Gefässnerven für den Kopf gehen oberhalb des Halsmarkes ab und treten zum Hals-Sympathicus; die für den Rumpf und die Extremitäten ziehen in den Seitensträngen des Rückenmarks herab, treten an die Ganglienzellen der Vorderhörner heran, verlassen das Rückenmark durch die vorderen Wurzeln und treten durch die Rami communicantes in den Sympathicus über. Sie verlaufen entweder als sympathische Nervenstränge weiter (z. B. Splanchnicus) oder schliessen sich weiterhin peripherischen Nerven an (z. B. Trigeminus, Facialis, Hypoglossus, Ischiadicus).

---

[1]) Dies gilt aber nur für die mässig tiefe, häufige Respiration. Bei sehr tiefer langsamer Respiration kann das Verhältnis sich grade umkehren, also in jener Curve die Inspiration der Senkung, die Exspiration der Hebung entsprechen.

Das vasomotorische Centrum wird tonisch erregt. Durchschneidet man das Rückenmark, so tritt Erweiterung der von den durchschnittenen Nerven versorgten Gefässe ein. Nach einiger Zeit aber stellt sich der Tonus wieder her. Es müssen also auch Zellen des Rückenmarks die Funktion des Centrums übernehmen können. Dasselbe gilt für die in der Gefässwand liegenden Ganglien.

Wodurch der normale Tonus des vasomotorischen Centrums unterhalten wird, ist unbekannt. Erhöht wird der Tonus durch Sauerstoffmangel und Kohlensäurereichtum des Blutes (daher bei Erstickung die Verengerung der Gefässe und die ausserordentliche Erhöhung des Blutdruckes, daher auch in der Leiche die Blutleere in den Arterien), durch psychische Einflüsse (Schreck, Angst), durch sensible Reize der Haut.

Verringert wird der Tonus bei Reizung des centralen Endes des N. depressor, der vom N. Vagus zum Herzen abgeht. Dieselbe Reizung findet wahrscheinlich auch normaler Weise von den Herzendigungen dieses Nerven statt. Es bildet dieser Nerv sonach eine Art Selbststeuerung für die Blutcirculation.

2. Die gefässerweiternden Nerven, die Vasodilatatoren.

Ihre Reizung bewirkt Gefässerweiterung. Solche Nerven finden sich z. B. in der Chorda tympani für die Gefässe der Submaxillar-Speicheldrüse, in den Nn. erigentes für die Gefässe des Penis. Durch die stärkere Blutfüllung kommt die Erektion zu Stande.

Ob es ein besonderes Centrum der Vasodilatatoren in der Med. oblongata giebt, ist unbekannt. Im Übrigen verlaufen sie meist mit den Constrictoren zusammen, so dass jeder grössere gemischte Nerv beide Faserarten hat. Man kann sie darin nachweisen dadurch, dass die Constrictoren durch stärkere tetanisierende Reize erregt werden, die Dilatatoren durch schwache rhythmische. Auch sterben nach der Durchschneidung die Constrictoren früher ab.

Über die Art, wie die Erweiterung zu Stande kommt, wissen wir nichts.

Anhang.

Die Milz.

Sie besteht ihrem Bau nach aus einem bindegewebigen, mit elastischen Fasern durchsetzten Gerüst, Trabekelsystem, welches eine Fortsetzung der Milz-Kapsel nach innen darstellt. In diesem liegt das eigentliche Milzparenchym, die Milzpulpa. Sie besteht aus einem feinfasrigen Reticulum, in dessen Maschen sich zahlreiche Zellen finden; besonders dichte Anhäufungen der Zellen zu Knötchen stellen die Milzfollikel (die Malpighi'schen Körperchen) dar. Die Zellen sind teils Leucocyten, teils ihnen ähnliche aber sehr viel grössere Zellen, die eigentlichen Pulpazellen, teils Zellen, die rote Blutkörperchen einschliessen. Das Blut soll aus den kleinsten Arterien direkt zwischen die Elemente der Pulpa treten, also nicht mehr in Gefässen fliessen, und dann sich wieder in den Venen sammeln, wobei es viele lymphoïde Zellen mitführt. Es steigt daher das Zahlen-Verhältnis der weissen zu den roten Blutkörperchen im Milzvenenblut auf 1:60.

Die Funktion der Milz ist noch wenig geklärt. Nach einigen soll sie ein Einschmelzungsorgan für die roten Blutkörperchen sein. Dafür spricht die Thatsache, dass man ausser den Zellen, die, wie erwähnt, rote Blutkörperchen einschliessen, auch solche findet, die Fragmente derselben oder auch blos vereinzelte rote und gelbe Pigmentkörnchen enthalten. Im Gegensatz hierzu vertreten andere die Auffassung, dass die Milz auch ein Bildungsorgan für die roten Blutkörperchen ist. Jedenfalls werden in ihr farblose Blutkörperchen gebildet und an das Blut abgegeben. Die Milz kann ohne direkten Nachteil für das Leben entfernt werden; doch schwellen dann die Lymphdrüsen an, und es tritt eine Wucherung der Markzellen des Knochenmarks ein.

Auch zur Verdauung scheint sie in Beziehung zu stehen, da sie auf der Höhe derselben anschwillt und danach wieder kleiner wird.

Sie enthält reichlich Produkte des Abbaues der Eiweisskörper (Leucin, Tyrosin, Xanthin, Hypoxanthin).

Die Schilddrüse.

Sie ist eine echte Drüse. Da sie keinen Ausführungsgang hat, so hat man sie als Drüse mit innerer Sekretion bezeichnet. Sie ist umgeben von einer bindegewebigen Hülle, welche zahl-

reiche Septa in das Innere sendet und die Drüsen in Lappen zerlegt. Jeder Lappen zerfällt wieder in geschlossene Bläschen, Follikel; jeder Follikel trägt eine einfache Lage niedriger cylindrischer Zellen, die secernierenden Drüsenzellen und einen zähflüssigen, colloïden Inhalt, das Drüsensecret.

Beiderseitige Exstirpation hat beim Hunde nach wenigen Tagen heftige Muskelkrämpfe und beschleunigte Herzthätigkeit und Atmung zur Folge; die Tiere gehen meist zu Grunde. Beim Menschen treten nach operativer Entfernung der Schilddrüsen (wegen ihrer Vergrösserung = Kropf, Struma) ebenfalls schwere Störungen auf: Idiotie und allgemeiner körperlicher Verfall (Cachexia strumipriva).

Diese Erscheinungen treten nicht ein, wenn man dem Operierten Tierschilddrüsen oder deren Saft innerlich verabreicht. Neuerdings hat man in der Schilddrüse ein jodhaltiges Nucleoalbumin gefunden, Thyreojodin; dies hat man als das wirksame Princip der Drüse angesehen und in Beziehung zu den Krankheitserscheinungen gesetzt.

Die Thymus.

Die Thymus, im Mediastinum anticum gelegen, ist beim Foetus stark entwickelt, hält sich bis zum 10.—15. Jahre, also etwa bis zur Pubertät und verschwindet dann allmählich vollständig. Sie ist wie eine Lymphdrüse gebaut. Die aus der Thymus abfliessende Lymphe ergiesst sich in die grösseren Lymphgefässstämme der Brusthöhle.

Sie ist eine Bildungsstätte für die morphotischen Elemente des Blutes, unterstützt also Milz und Knochenmark.

Die Nebennieren.

Sie zeigen in ihrer Rindenschicht einen drüsigen Bau; die Marksubstanz dagegen ist der Neuroglia ähnlich und enthält mächtige Nervenzellen. Ihre Erkrankung hat beim Menschen Braunfärbung der Haut zur Folge und führt meist unter Kräfteverfall zum Tode, Addison'sche Krankheit, bronced skin.

Man hat sie als nervöses Organ angesehen, von dem aus die Darmperistaltik gehemmt werden kann.

Sichergestellt ist, dass ein wässriger Nebennierenextrakt injiciert vorübergehend eine beträchtliche Steigerung des Blutdruckes bewirkt.

---

11. Tierische Wärme.

Körpertemperatur.

Der Mensch hat eine Eigenwärme, Blut- oder Körpertemperatur, welche von der Umgebung, selbst in sehr weiten Grenzen, unabhängig ist, sich also gleich bleibt. Ebenso verhalten sich alle Säugetiere und Vögel. Da ihre Temperatur in unseren Breiten weit über der Durchschnittstemperatur liegt, so hat man sie Warmblüter genannt. Dem gegenüber hat man die sich in unseren Breiten kalt anfühlenden Reptilien, Amphibien, Fische und wirbellosen Tiere Kaltblüter genannt. Indessen haben sie keine constante niedrige Bluttemperatur, vielmehr ändert sich ihre Temperatur innerhalb gewisser Grenzen mit der des umgebenden Mediums, ist aber immer ein wenig 0,5—4° C. höher. Richtiger ist es daher, die Tiere

in gleichwarme, homoiotherme, und
in wechselwarme, poikilotherme
zu unterscheiden.

Man misst die Temperatur, indem man in Körperhöhlen, die gegen Abkühlung geschützt sind (Achselhöhle, Mundhöhle, Vagina, Rectum), Thermometer einführt und dort so lange liegen lässt, bis sie konstante Ablesung ergeben.

Die Temperatur des Menschen (beim Erwachsenen gewöhnlich in der Achselhöhle, beim Kind im Rectum (1° höher!) gemessen) beträgt im Mittel 37,2°.[1])

Sie zeigt eine säculare Periode (bei Neugeborenen etwa 38°, im Alter steigt sie wieder etwas 37,5°) und eine tägliche Periode

---

[1]) Hier wie überall in wissenschaflichen Angaben der deutschen Litteratur sind die Zahlen bezogen auf die hundertteilige Skala, deren Nullpunkt dem Schmelzpunkt des Schnees, deren 100-Punkt der Temperatur des siedenden Wassers entspricht. Fälschlich wird diese Skala nach Celsius benannt. Celsius (1742) bezeichnete gerade umgekehrt den Schmelzpunkt des Schnees mit 100. und die Temperatur des siedenden Wassers mit 0.

(am Morgen am niedrigsten etwa 36,9°, nach der Hauptmahlzeit am höchsten etwa 37,4°).

Differenzen um mehr als $^1/_2$° beim ruhenden Menschen werden als pathologisch angesehen.

Das Geschlecht hat keinen nachweisbaren Einfluss.

Durch Muskelthätigkeit wird sie erhöht bis um 1°. Durch die Thätigkeit der Drüsen und der Darmmuskulatur wird sie ebenfalls erhöht, daher die Steigerung nach der Hauptmahlzeit.

An den verschiedenen Stellen des Körpers bestehen auch verschiedene Temperaturen; man hat daher eine Temperaturtopographie aufgestellt.

Im Innern ist die Eigenwärme am grössten, daher in der Scheide und im Rectum etwa um 1° höher als in der Achselhöhle, in dieser wieder grösser als an der frei liegenden Haut (Nasenspitze z. B. nur 24°).

Aber auch im Innern selbst zeigen sich noch Verschiedenheiten: Lebervenen und Pfortaderblut am höchsten (39°—40°); im rechten Herzen (weil es der sehr warmen Leber angelagert ist) um einige Zehntel Grad höher als im linken.

Bei den übrigen Säugetieren ist die Körpertemperatur etwa dieselbe wie beim Menschen. Vögel haben eine höhere Temperatur 40°—42° („sie leben beständig im Fieber"). Die Winterschläfer verhalten sich wie Kaltblüter.

Wärmeabgabe des Körpers.

Der Körper giebt beständig Wärme ab an die Umgebung:

1. durch Strahlung, Leitung und Convection von der Körperoberfläche aus, solange die Umgebung niedriger temperiert ist.
2. durch Wasser-Verdunstung von der Haut aus bei Schweisssekretion; auf diesem Wege kann die Wärmeabgabe selbst bei höherer Umgebungstemperatur erfolgen.
3. durch Erwärmung der Inspirationsluft und durch Wasserverdunstung von den Luftwegen aus. (Die Exspirationsluft ist mit Wasserdampf gesättigt!)
4. durch Erwärmen der eingenommenen Speisen und Getränke.

1 + 2 machen etwa 80% der gesamten Wärmeabgabe aus; 13% werden durch die Verdunstung von den Luftwegen aus

abgegeben; der Rest durch Erwärmung der Exspirationsluft + 4. Indessen wechselt das Verhältnis unter verschiedenen Bedingungen (s. Regulation).

Die gesamte Wärmeabgabe beträgt beim erwachsenen, ruhenden Menschen in 24 Stunden etwa 2400 Calorien.[1])

Je kleiner ein Tier ist, um so grösser ist seine Wärmeabgabe, weil seine Oberfläche im Verhältnis zum Inhalt grösser ist. (Bei Körpern verschiedener Grösse nimmt der Inhalt im Cubus, die Oberfläche aber nur im Quadrat ab.) Beim Sperling ist z. B. die Wärmeabgabe 22 mal so gross als beim Menschen.

Gemessen wird die Wärmeabgabe durch das Calorimeter. Dasselbe stellt einen allseitig geschlossenen Blechkasten dar, in dem das Tier sich befindet. Dieser kommt in einen grösseren ebenfalls allseitig geschlossenen Blechkasten, der mit Wasser oder noch besser mit Luft gefüllt ist. Durch ein Rohr, welches beide Kästen durchsetzt, wird die für die Atmung nötige Luft zugeführt, durch ein zweites wird sie wieder abgeleitet. Dieses verläuft in mehrfachen Schlangenwindungen in dem Raum zwischen den beiden Kästen. Die Temperatur, welche der Wasser- bez. Luftmantel zwischen den beiden Kästen annimmt, giebt den Wärmeverlust an, den das Tier erlitten.

Wärmebildung.

Die Verbrennung ist eine Verbindung einer chemischen Substanz mit Sauerstoff, Oxydation. Durch die Verbrennung entsteht Wärme.

Auch die tierische Wärme ist Verbrennungswärme, die durch die Verbindung des inspirierten Sauerstoffs mit den aufgenommenen chemischen Substanzen der Nahrungsmittel, den Eiweissen, Fetten und Kohlehydraten, entstanden ist. Dabei werden aus den Fetten und Kohlehydraten Wasser und Kohlensäure gebildet, aus dem Eiweiss Harnstoff; da dieser noch brennbar ist, so wird das Eiweiss nicht vollständig im Körper verbrannt. Je mehr Wasser, Kohlensäure und Harnstoff produciert werden, um so mehr Wärme entsteht.

---

[1]) Das Mass der Wärme ist die Calorie = diejenige Wärmemenge, welche zugeführt werden muss, um 1 kg Wasser von 0° auf 1° zu erwärmen. 1 Calorie = 425 kgm. s. Einl.

Die aufgenommene chemische Spannkraft wird also in Wärme umgesetzt, im ruhenden Körper vollständig, im thätigen nur ein Teil, der andere Teil wird in äussere Arbeit verwandelt.

Diese Umsetzung in Wärme findet in den Geweben statt, also wird überall im Tierkörper Wärme gebildet.

Die Grösse der aus einer Substanz im Tierkörper umgesetzten Wärme ist ebenso gross, als ob die Substanz ausserhalb des Tierkörpers verbrannt würde, wobei es gleichgültig ist, ob jene Umsetzung direkt oder durch Zwischenstufen zum Endprodukt vor sich geht. Auf diese Weise lässt sich berechnen, dass der Tierkörper gewinnt aus:

1 gr Eiweiss (zu Harnstoff verbrannt) 4,1 Cal.,
1 gr Fett 9,5 Cal.,
1 gr Kohlehydrat 4,1 Cal.

Legt man diese Werte zu Grunde, so lässt sich in der That nachweisen, dass die Production der tierischen Wärme vollständig gedeckt wird durch die chemische Umsetzung der aufgenommenen Nahrung. Doch erhält man daraus allein natürlich keinen Aufschluss über die Verwertung der einzelnen Nahrungsstoffe.

Die Umwandlung der chemischen Spannkraft in Wärme geschieht im ruhenden Körper zum weitaus grössten Teil direkt, durch Oxydation in den Geweben; zu einem geringen Teil indirekt: erst in Arbeit (innere Arbeit), und diese wird wieder im Tierkörper selbst in Wärme umgesetzt. So wird die Arbeit des Herzens durch die Widerstände des Kreislaufs verbraucht, d. h. erscheint als Wärme wieder. Ebenso die Arbeit der Atemmuskeln.

Im thätigen Körper kommt hierzu noch die durch die Muskelcontraction erzeugte Wärme. Denn bei derselben wird nur ein Dritteil von der umgesetzten Spannkraft in äussere, mechanische Arbeit verwandelt, die übrigen zwei Dritteile dagegen in Wärme (cf. Allgemeine Muskelphysiologie).

Nicht in Betracht kommt wegen ihres unbedeutenden Betrages die durch heisse Speisen und Getränke zugeführte Wärme.

Die von einem ruhenden erwachsenen Menschen in 24 Stunden producierte Wärmemenge beträgt, entsprechend der Wärmeabgabe, rund 2400 Cal., in einer Stunde 100 Cal.

Wärmeregulation.

Die Eigenwärme des Menschen, wie der homoiothermen Tiere überhaupt, bleibt innerhalb gewisser Grenzen konstant, auch wenn die Aussentemperatur sich ändert oder wenn, wie bei der Muskelthätigkeit, mehr Wärme im Körper erzeugt wird. Es findet also eine Regulation der Wärme des Tierkörpers statt. Diese kann einmal zu stande kommen durch Veränderung der Wärmebildung, zum anderen durch Veränderung der Wärmeabgabe.

Die Regulation gegen die Kälte besteht in einer vermehrten Wärmebildung und verminderten Wärmeabgabe.

Die vermehrte Wärmebildung kommt zu Stande durch vermehrte Nahrungsaufnahme, insbesondere durch vermehrte Aufnahme von Fett (1 gr giebt fast $2^1/_2$ mal soviel Verbrennungswärme wie 1 gr Eiweiss oder Kohlehydrate s. o.) und durch Muskelthätigkeit. In der Kälte bewegen sich die Tiere lebhafter als in der Wärme; ausserdem reflektorisch durch unwillkürliche Contractionen (Zittern und Zähneklappern) und Spannungen.

Die verminderte Wärmeabgabe erfolgt dadurch, dass die Blutzufuhr zur Haut durch Contraction der Hautgefässe und geringere Pulsfrequenz verringert und dadurch die wärmeabgebende Oberfläche des Blutes verkleinert wird. Durch Contraction der Mm. arrectores pili wird die Haut straffer, und ihr Volumen verringert. Ferner stockt die Schweissabsonderung und damit die Wasserverdunstung von der Haut; dafür wird reichlicher, heller und wässriger Harn ausgeschieden. Die Atemzüge werden seltener und flacher, wodurch weniger Wärme an die Exspirationsluft abgegeben wird. Hierzu kommt, dass die Tiere sich im Winter mit schlechten Wärmeleitern von dunkler Farbe, damit sie gleichzeitig mehr Wärmestrahlen absorbieren, kleiden: bei den Tieren der Winterpelz, beim Menschen die grobhaarige Wollkleidung. Diese schlechten Wärmeleiter haben die Bedeutung, dass sie den Körper mit einer stehenden Luftschicht umgeben, die ihn ebenso vor Abkühlung schützt, wie die Luft zwischen den Doppelfenstern unsere Wohnräume.

Regulation gegen die Wärme erfolgt durch verminderte Wärmebildung und gesteigerte Wärmeabgabe.

Die verminderte Wärmebildung wird bewirkt durch

ein geringeres Nahrungsbedürfnis (in den Tropen nehmen die Menschen auch wenig Fett zu sich) und durch geringere Muskelthätigkeit.

Die gesteigerte Wärmeabgabe kommt zu Stande durch vermehrten Blutzufluss zur Haut infolge Erweiterung der Hautgefässe; ferner, und dies ist das bedeutsamste Moment, secernieren die Schweissdrüsen, der gebildete Schweiss verdunstet; dementsprechend wird eine geringe Menge eines dunklen hochgestellten Harnes ausgeschieden. Ausserdem verlieren im Sommer die Tiere ihren dichten dunklen Winterpelz, der Mensch legt leichtere helle Kleidung an.

Grenzen der Wärmeregulation.

Die Erhaltung der Eigenwärme ist nur innerhalb gewisser Grenzen möglich. Wird die Temperatur der Umgebung zu hoch oder zu niedrig, so versagt die Regulation; es reicht dann zur Compensation die Veränderung der Wärmebildung und -Abgabe nicht mehr aus, und der Körper nimmt die Temperatur der Umgebung an.

Beträgt diese 40°, so kann Wärmeabgabe durch Leitung und Strahlung nicht mehr erfolgen, sondern nur noch durch Schweissverdunstung. Daher wird eine Luft von 42°, wenn sie trocken und bewegt ist, noch vertragen, ist sie dagegen mit Wasserdampf gesättigt, so macht sie gefahrdrohende Beschwerden, weil die im ersteren Falle noch eintretende Abkühlung durch Schweissverdunstung nicht mehr möglich ist. Die Eigenwärme steigt dann ebenfalls auf 42°, nimmt sie weiter zu, so tritt unter sehr beschleunigter Atem- und Pulsfrequenz der Tod ein (Hitzschlag).

Sinkt die Eigenwärme unter 20°, so erfolgt ebenfalls der Tod.

Wird die Hautoberfläche mit Lack überzogen, gefirnisst[1]), so erweitern sich die Hautgefässe sehr stark; in kalter Umgebung wird dann die Wärmeabgabe zu gross, die Tiere sterben. Dies geschieht nicht in körperwarmer Umgebung oder nach Einhüllen der Tiere in Watte.

---

[1]) Diese Frage wurde für die Physiologie dadurch von Bedeutung, dass früher in Rom bei den grossen Kirchenfesten Kinder als goldene Engel auftraten. Damit der Goldschaum auf der Haut haften blieb, wurden sie gefirnisst. Dies hatte schwere Erkrankungen und Todesfälle zur Folge.

Im Fieber ist die Körpertemperatur gesteigert infolge vermehrter Wärmebildung.

Von einigen wird angenommen, dass die Regulation durch nervösen Einfluss geschieht. In den Centralorganen sollen Centren liegen, die die verschiedenen wärmeregulierenden Apparate beherrschen.

Nach dem Tode mischt sich das im Innern des Körpers befindliche heisse Blut nicht mehr mit dem kalten der Peripherie, da die Circulation erloschen ist. Deshalb ist kurz nach dem Tode der Wärmeverlust des Körpers ein geringerer als während des Lebens. Bestand nun während der letzten Stunden vor dem Tode im Innern des Körpers eine sehr hohe Temperatur oder gingen sehr heftige Muskelbewegungen (z. B. bei Tetanus = Starrkrampf) dem Tode vorauf, so kann es geschehen, dass in der Agonie und in den nächsten Stunden nach dem Tode infolge des Aufhörens der Circulation und infolge der geringeren Wärmeausstrahlung der Körper eine Temperatursteigerung aufweist. Jedoch spätestens in der zweiten Stunde post mortem tritt die definitive und nun continuirlich zunehmende Abkühlung ein; dabei ist jedoch zu bemerken, dass ein Teil der im Körper enthaltenen Flüssigkeiten (Blut, Myosin) gerinnt, d. h. vom flüssigen in den festen Zustand übergeht, sodass Wärme dabei frei wird, und sich die Abkühlung etwas verzögert.

---

12. Nahrungsmittel.

Infolge der Leistungen des Tierkörpers (Wärmebildung Nerven-, Muskelthätigkeit) findet ein steter Stoffverbrauch statt; das verbrannte, nicht mehr verwertbare Material wird im wesentlichen in der Ausatmungsluft, im Harn und Kot ausgeschieden. Dafür ist Ersatz notwendig; es stellt sich das Bedürfnis nach Stoffaufnahme ein als Hunger und Durst.

Hunger.

Der Hunger tritt zuerst als abnorme Empfindung im Magen vom N. Vagus ein, „Vagushunger"; dieser kann schon durch mässige Anfüllung des Magens selbst mit unverdaulichen Stoffen gestillt werden. Bald darnach stellt sich aber allgemeines Hungergefühl ein, „Gewebshunger", das nur durch hinreichende Ernährung beseitigt wird.

Durst

Er wird zuerst als Trockenheitsgefühl von der Schleimhaut der Mundhöhle und des Schlundes durch Reizung der sensiblen Nerven: (N. Trigeminus, Glossopharyngeus, Vagus) empfunden. Nach Anfeuchtung dieser Teile schwindet das locale Durstgefühl, um sehr bald als allgemeines, als Gewebsdurst, wiederzukehren, der nur durch genügende Wasserzufuhr zu stillen ist.

Hungertod.

Findet kein Ersatz, keine Stoffzufuhr statt, so tritt der Hungertod ein für die verschiedenen Tiere nach verschieden langer Zeit, im Allgemeinen, wenn das Körpergewicht auf etwa $^3/_5$ des ursprünglichen gesunken ist, junge Tiere sterben schon nach Verlust von $^1/_3$ ihres Körpergewichts. Der Mensch kann bei grösster Körperruhe etwa 4 Wochen leben, kleine Säugetiere viel weniger lange, Kaltblüter sehr lange, Frosch 1 Jahr. Wird Wasser gereicht, so verlängert sich die Zeit etwas, beim Menschen auf etwa 6 Wochen (s. u.).

Die dem Körper zum Ersatz zugeführten Stoffe unterscheidet man in:

N a h r u n g s s t o f f e d. s. chemische Individuen, die zum Aufbau der Gewebe und zur Ausgleichung ihres Verlustes dienen.

N a h r u n g s m i t t e l d. s. Gemische (natürliche oder künstliche) von Nahrungsstoffen (Fleisch, Brot).

N a h r u n g d. i. der Complex von Nahrungsmitteln, welcher den Körper auf seinem Bestand erhält.

Nahrungsstoffe.

Eine Übersicht über die Nahrungsstoffe giebt folgendes Schema:

Anorganische		Organische				
		N-haltige: histogene	N-lose: thermo- s. dynamogene			
Aqua	Salina	Albuminosa	Saccharina	Oleosa	Condimenta	Deliciae
Wasser	Na Cl K Cl Ca 0 Mg 0 P 0_3 Fe	Eier-, Muskel-, Blut-, Milch-, Drüsen- } Eiweiss Planzeneiweiss (Kleber, Legumin)	Stärke Dextrin Trauben-, Milch-, Rohr-, Frucht- } Zucker	Butter Eigelb Hammeltalg Rindertalg Schweineschmalz Gänseschmalz Thran Knochenmark Gänseleber Speck Oliven-, Nuss-, Mohn-, Mandel-, Palmen- } Öl	Kochsalz Pfeffer Senf Dessertkäse CO_2 im Wasser	A l k o h o l h a l t i g e. Wein, Bier, Branntwein, Cider, Meth, Kumyss. C o f f e ï n h a l t i g e. Kaffee, Thee, Matté, Cacao, N a r k o t. A l k a l o i d e. Tabak, Opium, Haschisch, Betel, Coca, Fliegenschwamm.

Wasser.

Da der Wasserbestand des Körpers, der fast $^2/_3$ des Gewichts beträgt, beständig grosse Verluste durch Atmung, Harn, Schweiss erfährt, ist Ersatz unentbehrlich. Es wird zum geringen Teil durch den Wassergehalt der Nahrungsmittel (Brot 50%, Fleisch 70%, Obst 80—90%) zugeführt, zum grössten Teil als Getränk.

Salze.

Die zur Ernährung notwendigen Salze, Nährsalze, dienen nicht blos zum Ersatz der ausgeschiedenen Salze, sondern sie beteiligen sich auch direkt an dem Aufbau und der Regeneration der Gewebe. Das sind:

Kochsalz.

Es ist vor allem wichtig; es findet sich überall im Körper, wird hauptsächlich durch den Harn ausgeschieden (s. Harn). Beim Entbehren desselben tritt Salzhunger ein (Cortez eroberte Mexico, indem er mit Hülfe der Tlaskalaner die Azteken von ihrer Salzquelle, dem Meere, abschnitt). Viele Tiere bez. Pflanzenfresser haben lebhaftes Bedürfnis nach Kochsalz (Viehsalz, Salzlecken).

Kalisalze.

Sie sind zwar nur in geringer Menge vorhanden, können aber nicht entbehrt werden. (Beim Skorbut wird Citronensaft gegeben; das wirksame ist nicht die Citronensäure, sondern das saure citronensaure Kali).

Kalksalze.

Zum Aufbau des Knochengewebes sind Kalksalze unentbehrlich. Füttert man junge Tiere mit kalkarmer Nahrung, so zeigen die Knochen krankhafte Veränderungen (Osteomalacie, Osteoporose). Hühner, Hirsche, die ihr Geweih bilden, zeigen spezifischen Kalkhunger.

Eisen.

Es ist ebenfalls unentbehrlich und dient zur synthetischen Bildung des Hämoglobins. Indessen führen die gewöhnlichen Nahrungsmittel schon alles nötige Eisen in organischer Bindung „Hämatogene", sodass eine Zufuhr anorganischer Eisensalze nicht erforderlich ist.

Werden die Nährsalze bei sonst ausreichender Ernährung dauernd entzogen, so tritt nach einiger Zeit der Tod ein.

Eiweiss.

In der Nahrung ist Eiweiss unbedingt erforderlich, weil die tierische Zelle aus keinem anderen Stoff lebendige Substanz erzeugen kann. Es dient zum Aufbau der Gewebe (histogen); aber nicht jedes Eiweiss (s. chemische Bestandteile) in gleichem Maasse, so die Albuminoïde (Leim) nur sehr unvollkommen.

Das Eiweiss ist entweder tierisches: Fleisch, Fisch, Eier,

Käse, Austern, Kaviar (auch reich an Fett), Schaltiere; oder pflanzliches: Pilze im Brot vorwiegend als Kleber.

Fette.

Man unterscheidet tierische:

1. Talgfette, von Wiederkäuern, bei gewöhnlicher Temperatur fest;
2. Schmalzfette, bei gewöhnlicher Temperatur weich;
3. Thranfette von Waltieren;
4. Speck, Unterhautbindegewebe vom Schwein mit Muskeln gemischt;
5. Knochenmark;
6. Butter, Käse, Leber (Fettleber);

pflanzliche:

1. nicht trocknende: Oliven-, Mandel-, Palmen-Öl;
2. trocknende: Nuss-, Mohn-Öl.

Kohlehydrate.

Die Mono- und Disaccharide.

Von den Polysacchariden ist Amylum verdaulich, die isomere Cellulose aber nicht.

Die Fette und Kohlehydrate dienen dem Körper als Brennmaterial. Sie liefern die zur Wärmebildung und Arbeitsleistung erforderliche chemische Spannkraft. Die gleiche Bedeutung hat auch der Leim.

Fette und Kohlehydrate können für sich allein den Organismus nicht ernähren, da sie das Eiweiss nicht ersetzen können (s. u.).

Condimenta, Gewürze.

Sie wirken auf den Geschmack und die Sekretion der Verdauungssäfte anregend. Ein grosser Teil des aufgenommenen Kochsalzes dient nur als Gewürz, die gleiche Bedeutung hat die Kohlensäure des Trinkwassers. Die meisten Gewürze (Nelken, Kümmel, Ingwer u. s. w.) enthalten ätherische Öle, andere enthalten scharfschmeckende Substanzen (Pfeffer: Piperin).

Deliciae, Genussmittel.

Die Genussmittel enthalten ebenfalls Substanzen, die durch ihren Geschmack oder Geruch anregend auf das Nervensystem wirken. Es sind dies

1. die alkoholischen Getränke: Wein, Bier, Branntwein, Cider, Meth, Kumyss;[1])
2. die coffeïnhaltigen: Kaffee, Thee, Maté (in Südamerika, von Ilex paraguensis);
3. der theobrominhaltige Cacao;[2])
4. narkotisch wirkende Alkaloïde im Tabak, Opium, Haschisch, Betel, Coca, Fliegenschwamm (bei den Eskimos).

Nahrungsmittel.

a) Tierische.

Die Milch.

Sie ist das wichtigste von Allen, weil sie nicht blos ein Nahrungsmittel ist, das alle Nährstoffe in günstigster Mischung enthält, sondern sie stellt auch allein für den Säugling eine völlig ausreichende Nahrung dar, d. h. also ein Gemisch von Nährstoffen und Genussmitteln, welches den Bestand des Körpers erhalten kann. (Über Zusammensetzung der Milch s. u. Harn und Schweiss, Anhang).

Die Frauenmilch enthält weniger Salze, weniger Eiweiss und mehr Zucker als Kuhmilch. Man macht diese durch Zusatz von einer gleichen Menge Wasser und etwas Milchzucker der Frauen-

---

[1]) Wein wird durch alkoholische Gärung des Weinmostes hergestellt. Sein Alkoholgehalt beträgt je nach den verschiedenen Sorten 7 (Pfälzer Wein) bis 10 (Rhein-, rote französische, Ungarweine, Champagner) bis 24 (Portwein, Madeira) Vol. pCt.

Bier wird aus keimender Gerste bereitet. Die Diastase des Malzextraktes verwandelt das Amylum in Zucker und Dextrin; der Zucker wird durch Hefe in Gärung versetzt. Bier enthält neben 3—4% Alkohol wenig Kohlehydrate (Dextrin 5—6%), hat daher nur geringen Nährwert.

Der reinste Branntwein wird aus der Destillation des Weines gewonnen: Cognac, 60% Alkohol. Rum wird aus der Zuckerrohrmelasse (Jamaica) gewonnen, 35% Alkohol (auch aus Rübenmelasse in Deutschland); aus gegorenem Reis Arac, 53% Alkohol; aus stärkemehlhaltigen Rohstoffen (Kartoffeln, Roggen, Mais, Reis) werden, ebenfalls nach Umsetzung der Stärke in Zucker, durch Gärung Branntweine verschiedener Qualität hergestellt, 40—50% Alkohol. Kartoffelbranntwein enthält am meisten den sehr schädlichen Amylalkohol, Fuselöl, Kornbranntwein weniger.

Cider aus verschiedenen Früchten (Äpfol, Johannisbeeren) dargestellt.

Meth aus Honig und Wasser durch Gärung bereitet, etwa 17% Alkohol.

Kumyss, gegorene Stutenmilch, 1—2% Alkohol.

[2]) Cacao hat auch noch Bedeutung als Nahrungsmittel; es enthält Eiweiss (12%), Kohlehydrate (13%) und Fett.

milch ähnlich. Das Fett ist in Form von Fettkügelchen enthalten. Diese sind in der Frauenmilch feiner, als in der Kuhmilch.

Eiweiss ist in der Milch vorwiegend als phosphorhaltiges Caseïn enthalten. Kuhcaseïn bildet bei der Gerinnung derbe Coagula, Frauencaseïn dagegen fällt feinflockig aus. Durch Verdünnen der Kuhmilch mit Wasser gerinnt auch das Kuhcaseïn weniger derb.

Beim Stehenlassen der Milch steigen die Fettkügelchen nach oben und bilden die gelblichweisse Rahmschicht. (Über die Milchfette s. chem. Bestandteile.) Wird der Rahm „geschlagen", so werden die an den Fettkügelchen befindlichen Caseïnhüllen zerrissen, die Fetttröpfchen fliessen zusammen und bilden

die Butter.

Sie bildet eine gelbliche festweiche Masse und enthält etwa 90% Fette, 9% Wasser und 1% Eiweiss und Salze. Die nach dem Buttern zurückbleibende Milch, die Buttermilch, enthält das gesamte Caseïn, den Zucker und die Salze der Milch, ist daher nur als ein vorwiegend eiweisshaltiges Nahrungsmittel anzusehen.

Der Käse.

Er besteht aus dem (durch Milchsäure-Gärung oder Lab) ausgefällten Caseïn (etwa 30%) und Fett (etwa 30% beim Fettkäse) der Milch, beide in gut resorbierbarer Form. Die bei der Käsebereitung zurückbleibende Milchflüssigkeit, die Molken, enthalten den gesamten Zucker und den grössten Teil der Salze.

Fleisch.

So nennt man die Muskeln der Schlachttiere, Vögel und Fische. Es besteht aus den Muskelfasern, die das eigentliche Eiweiss enthalten, und dem dazwischen befindlichen Bindegewebe, leimgebender Substanz.

Die Zubereitung erfolgt auf verschiedene Weise.

Beim gewöhnlichen Kochen geht ein grosser Teil der Salze, die Extraktivstoffe, das lösliche Eiweiss, Serumalbumin und Hämoglobin (der grösste Teil davon gerinnt aber bei höheren Temperaturen (70°) vollständig und wird dann als brauner Schaum abgeschöpft), das Bindegewebe als Leim und etwas Fett in den Wasser-Extrakt, die Fleischbrühe, über. Diese hat bei dem nur spurweisen Vorkommen von Nährstoffen nur Bedeutung wegen des Gehaltes an Nährsalzen und ist wegen ihres Geschmackes

und ihrer anregenden Wirkung wesentlich Genussmittel. Der Verlust, den der Nährwert des Fleisches durch das Kochen erfährt, ist nur gering anzuschlagen; zudem wird das ausgekochte Fleisch fast vollständig im Darm verdaut.

Beim Braten (starkes Erhitzen in Fett) und Rösten (gelinde Vorstufe der Verkohlung) werden die obersten Schichten schnell zur Gerinnung gebracht und dadurch der Austritt des Muskelsaftes verhindert, daneben bildet sich eine aromatisch riechende und schmeckende Kruste.

Die Zubereitung durch Hitze hat im Übrigen den Vorteil, dass die nicht selten im Fleisch vorkommenden Entozoën (Trichinen, Bandwurmfinnen) getötet werden.

Die Eier der Vögel

enthalten in ihrem Weiss nur Eiweiss, in ihrem Dotter neben Eiweiss auch Fette, Lecithin und Cholestearin. In Bezug auf den Nährwert kommt ein Ei etwa 40 gr fettem Fleisch oder, in Bezug auf Eiweiss und Fettgehalt, 150 gr Kuhmilch gleich. Am leichtesten verdaulich sind weich gekochte Eier; auch rohe Eier werden gut vertragen.

b) Pflanzliche.

Sie unterscheiden sich von den vorigen dadurch, dass sie die stickstofflosen Nährstoffe, hauptsächlich Kohlehydrate, ausserordentlich reichlich enthalten; ferner dass in ihnen allen ein nur ihnen eigentümlicher Stoff, die Cellulose, vorkommt, welche als Hülle oder Kapsel die Nährstoffe einschliesst. Diese Cellulosehüllen müssen, damit die eingeschlossenen Nahrungsstoffe zugänglich sind, gesprengt werden; dies geschieht durch die Zubereitung: Mahlen, Kochen. Die Cellulose ist schwer oder gar nicht verdaulich, regt aber wahrscheinlich rein mechanisch die Darmperistaltik an.

Die Früchte der Cerealien.

Die Getreidekörner werden durch Mahlen in Mehl verwandelt. Die gesprengten Cellulosekapseln werden als „Kleie“ abgesiebt, sie enthalten immer noch eine Schicht des eigentlichen Kornes. Da in der Rindenschicht, unmittelbar unter der Kapsel, am meisten Getreideeiweiss, „Kleber“ enthalten ist, so ist die Kleie noch reich an Nährstoffen.

Aus Mehl, gewöhnlich Weizen- oder Roggenmehl, wird Brot gebacken, indem es mit Wasser zu einem Teig angerührt, mit

Hefe behufs Gärung versetzt und danach in hohe Temperatur gebracht wird. Durch die Gärung entsteht aus Zucker Alkohol und Kohlensäure; durch ihre Gasblasen wird der Teig aufgelockert.

Leguminosen.

Die Hülsenfrüchte, (Erbsen, Bohnen, Linsen) enthalten als Eiweiss das Legumin in sehr beträchtlichen Mengen (20—25 pCt.). Sie werden durch Kochen ihrer Cellulosekapseln beraubt.

Kartoffeln.

Sie enthalten 70% Wasser, 20% Stärke. Wegen ihres sehr geringen Eiweissgehaltes können sie allein die Ernährung nicht unterhalten, sondern nur in Verbindung mit animalischer Kost. Bei geringem Cellulosegehalt sind sie leicht verdaulich.

Gemüse und Obst.

Die Gemüse sind sehr wasserreich, enthalten aber viel Salze und sind deshalb wichtig; so Eisen im Spinat, Kalisalze im jungen Gemüse, bes. Rosenkohl. Obst enthält neben Zuckerarten verschiedene Pflanzensäuren und viele auf den Geschmack wirkende Substanzen.

Die chemische Zusammensetzung einiger Nahrungsmittel.

In 100 Teilen:	Eiweiss	Fette	Kohlehydrate	Wasser	Salze	Holzfaser
I. Animalische Nahrungsmittel.						
Rindfleisch	**20,0**	1,5	0,6	76,7	1,2	—
Kalbfleisch	**19,4**	2,9	0,8	75,6	1,3	—
Schweinefleisch	**19,9**	**6,2**	0,6	72,6	1,1	—
Huhn	**22,7**	**4,1**	1,3	70,8	1,1	—
Hecht	**18,3**	0,7	0,9	79,3	0,8	—
Kuhmilch	**3,4**	**3,7**	**4,8**	87,4	0,7	—
Frauenmilch	**1,5**	**3,1**	**5,0**	90,2	0,2	—
Hühnerei	**12,5**	**12,1**	—	73,6	1,1	—
II. Vegetabilische Nahrungsmittel.						
Weizen	**12,4**	1,8	**67,9**	13,6	1,8	2,5
Roggen	**11,5**	1,8	**67,8**	15,3	1,8	2,0
Reis	**7,9**	0,9	**76,5**	13,1	1,0	0,6
Feines Weizenbrot	**7,1**	0,2	**55,5**	35,6	1,1	0,3
Commisbrot	**7,5**	0,5	**49,4**	36,7	1,5	1,5
Leguminosen (Bohnen)	**24,3**	1,6	**49,0**	14,8	3,2	7,1
Kartoffeln	2,0	0,2	**20,6**	75,5	1,0	0,7
Spinat	2,5	0,6	**4,4**	88,5	2,1	0,9
Spargel	1,8	0,3	**2,6**	93,8	0,5	1,0
Frisches Obst (Äpfel)	0,4	0,8	**13,0**	84,8	0,5	1,5

Nahrung.

Tierische Nahrungsmittel allein (ausser der Milch) reichen für den Menschen nicht aus, denn sie enthalten gar keine Kohlehydrate und zuviel Eiweiss.

Pflanzliche Nahrungsmittel allein können zwar die Ernährung unterhalten, wie die Vegetarier zeigen, sind aber doch dem Menschen nicht gemäss; sie enthalten meist zu wenig Eiweiss und kein Fett. Auch der Darmkanal des Menschen steht in Bezug auf seine Länge zwischen Fleisch- und Pflanzenfressern.

Am zweckmässigsten erweist sich eine Nahrung, die zu $^1/_3$ aus tierischer, zu $^2/_3$ aus pflanzlicher Kost besteht.

Stoffwechsel.

Vergleicht man mit einander die Einnahmen und Ausgaben des Tierkörpers, stellt man also eine Bilanz des Stoffwechsels auf, so kann man feststellen, wie gross die Einnahmen sein müssen, um den Lebensprozess zu unterhalten und den stofflichen Bestand des Körpers zu sichern.

Indem man nach dieser Richtung hin besondere Versuche, „Stoffwechselversuche", anstellt, prüft man zugleich die verschiedenen Nahrungsmittel auf ihre Dignität für den tierischen Haushalt.

Eine Übersicht über den Stoffwechsel wird gewonnen durch chemische Analyse: Man bestimmt, wieviel an C, H, N, O, Wasser und Salzen in den Körper eingeführt, und wieviel ausgeschieden worden ist. Für ein fleischfressendes Tier ergiebt sich:

1. C wird zum grössten Teil (90 %) als CO_2 durch Lunge und Haut ausgeatmet, und nur zum geringen Teil (10 %) in organischen Verbindungen des Harnes und Kotes ausgeschieden.

2. H verlässt hauptsächlich zu H_2O verbrannt den Körper.

3. N gelangt fast vollständig als Harnstoff zur Ausscheidung; ein ganz kleiner Bruchteil findet sich im Kot, in den übrigen N-haltigen Harnbestandteilen und im Schweiss.

4. O wird hauptsächlich als CO_2, der Rest als H_2O aus dem Körper entfernt. $\frac{CO_2}{O}$ respiratorischer Quotient $= 0,8$ beim Menschen.

5. Das Wasser wird durch Harn, Kot, Lungen, Haut ausgeschieden.

6. Die Salze verlassen den Körper hauptsächlich durch den Harn.

Da aller N in der festen Form der Nahrung (Eiweisse) aufgenommen und als Harnstoff im Harn ausgeschieden wird, so ist die Berechnung des aufgenommenen und ausgeschiedenen N am einfachsten und genauesten und giebt schnell eine Übersicht über den Zustand des Eiweiss-Stoffwechsels.

Gleichgewicht des Stoffwechsels besteht, wenn ebenso viel aufgenommen wie ausgeschieden wird, das Körpergewicht also unverändert bleibt. Andernfalls ist die Stoffwechselbilanz = $\frac{\text{Aufnahme}}{\text{Abgabe}}$ positiv oder negativ.

Verhalten des Stoffwechsels unter verschiedenen Umständen.

I. Hungerzustand (Inanition, Carenz).

Findet keine Stoffzufuhr statt, so zehrt der Körper von seiner eigenen Substanz und erleidet infolge dessen einen Gewichtsverlust. Atmung und Herzthätigkeit (beides Muskelarbeit) bedürfen der Verbrennungswärme, und diese wird durch Oxydation vom Körpereiweiss und Körperfett geliefert. Während der Inanition verliert deshalb der Körper hauptsächlich Fettgewebe und Muskulatur. Fast gar keinen Verlust erfährt das Herz und das Centralnervensystem.[1])

II. Reine Eiweisszufuhr.

Mageres Fleisch enthält 20 % Eiweiss, ferner 76 % Wasser, 1 % Fett und 1 % Kohlehydrate.

Zwar wird durch vermehrte Eiweisszufuhr auch der Eiweisszerfall gesteigert, aber trotzdem kann durch reine Eiweisskost (1500—2000 g Eiweiss pro Tag) das Stoffwechselgleichgewicht hergestellt werden, indem das Nahrungseiweiss auch für das zerstörte Körperfett einzutreten vermag, und zwar sind:

213 Teile Eiweiss gleichwertig, isodynam, 100 Teilen Fett.

Schliesslich kann sogar durch hinreichende Menge zugeführten Eiweisses Fettansatz bewirkt werden. Dies gilt aber nur für

---

[1]) Während der Inanition stockt die Absonderung der Verdauungssäfte; es treten schliesslich Delirien auf, die sogenannten Inanitionsdelirien: mangels Nahrungszufuhr leidet auch die Ernährung des Gehirns, es kommt zu abnormer Thätigkeit desselben.

Fleischfresser. Der Mensch und die Herbivoren vertragen auf die Dauer reine Eiweiss- (magere Fleisch-) Nahrung nicht.

III. Leimzufuhr.

Leim wird im Körper sehr schnell und vollständig zu CO_2 und Harnstoff zersetzt und schützt dadurch einen Teil des Eiweisses vor dem Zerfall. Der Eiweisszerfall wird also herabgesetzt jedoch nicht aufgehoben. Leim = Eiweisssparer.

IV. Zufuhr von Fetten + Kohlehydraten.

Der Eiweisszerfall wird weder durch zugeführte Fette noch durch Kohlehydrate aufgehoben, wohl aber der Fettverbrauch in isodynamer Menge vermindert. Der Körper verliert bei eiweissfreier Kost fast eben soviel Eiweiss wie bei absolutem Hungern. Zufuhr von Eiweiss ist also unbedingt erforderlich.

V. Zufuhr von Eiweiss + Fett.

Bei gleichzeitiger Zufuhr von Eiweiss und Fett wirkt das Fett Eiweiss ersparend; es bedarf also viel geringerer Eiweisszufuhr als bei reiner Eiweissnahrung; es erfolgt leichter Eiweissansatz. Ausserdem tritt das Nahrungsfett für das verbrauchte Körperfett zu gleichen Mengen ein.

VI. Zufuhr von Eiweiss + Kohlehydrate.

Kohlehydrate bewirken eine Ersparnis im Eiweiss und Fettumsatz, ersteres weit mehr als letzteres, denn

110 g Kohlehydrate sind isodynam 100 g Eiweiss, oder
240 „ „ „ „ 100 „ Fett.

Um Eiweissansatz hervorzurufen, sind also Kohlehydrate besser geeignet als Fette.

VII. Wasserzufuhr.

Wird mehr Wasser eingeführt, so wird auch mehr Wasser abgegeben, die Menge des ausgeschiedenen Harns und auch des Harnstoffs wird vermehrt = bessere Auslaugung der Gewebe.

VIII. Alkoholzufuhr.

Alkohol in kleinen Dosen = Eiweiss- und Fettsparer. Ist aber in grösseren Dosen ein starkes Nervengift.

IX. Muskelthätigkeit

verändert den Eiweissumsatz nicht; bei der Arbeit werden wesentlich N-freie Nahrungsstoffe verbraucht, dafür müssen Fette resp. gleichwertige Mengen Kohlehydrate zugeführt werden.

Fettansatz wird also begünstigt durch

a) geringe Muskelthätigkeit (Fett weniger zerstört),

b) überflüssige Zufuhr von Fetten, Kohlehydraten, Alkoholika (= Fettsparer).

Am besten für den Körper ist die gleichzeitige Einfuhr von Eiweiss, Fett und Kohlehydraten.

Kostmass = Angabe, wieviel innerhalb 24 Stunden von den einzelnen Nährstoffen eingeführt werden muss, um den Körper auf seinem Bestande zu erhalten, für den ruhenden Mann:

100 gr Eiweiss,
60 gr Fett,
400 gr Kohlenhydrate.

für den angestrengt arbeitenden Mann:

130 gr Eiweiss,
100 gr Fett,
500 gr Kohlehydrate.

---

13. Mundverdauung.

Vorbemerkung.

Die Nahrungsmittel nimmt der Mensch in seinen Verdauungsschlauch auf (Mund und Speiseröhre, Magen, Dünndarm und Dickdarm).

In der Mundhöhle werden die Nahrungsmittel zuerst, soweit sie fest sind, mechanisch zerkleinert. Dann unterliegen sie der Reihe nach der Einwirkung 5 verschiedener Säfte (Speichel, Magensaft, Pankreatischer Saft, Galle, Darmsaft). Dadurch werden die unlöslichen oder löslichen aber nicht diffusiblen löslich und diffusibel gemacht, so dass sie nun aus dem Darminnern durch die Darmwand in die Blut- und Lymphgefässe des Darmes hindurchtreten, in den allgemeinen Kreislauf gelangen und zu den verschiedenen Organen des Körpers gebracht werden. Dazu werden die Eiweisse in Proteosen, die Kohlehydrate in Zucker übergeführt; die Fette werden teils in Glycerin und Fettsäuren gespalten und verseift, teils emulgiert.

Diese Aufnahme der Stoffe aus dem Darmlumen in die circulierenden Säfte (Blut, Lymphe), diese Aufsaugung nach innen heisst Resorption (resorbeo = schlürfe ein).

Die Vorbereitungen zum Zwecke der Resorption, (d. h. die mechanische und chemische Bearbeitung) + Resorption = Verdauung. Man unterscheidet: Mundverdauung, Magenverdauung, Darmverdauung, je nach dem Orte, an welchem die Prozesse der Verdauung vor sich gehen. Die auf die Nährstoffe chemisch einwirkenden Säfte = Verdauungssäfte. Das wirksame Prinzip derselben sind ungeformte Fermente, Enzyme (s. chem. Bestandteile).

Was nicht im Darmkanal resorbiert ist, wird als Kot, Faeces, ausgeschieden.

Mechanik der Mundverdauung.

Die Nahrungsaufnahme erfolgt durch den Mund. Mittels der Zähne und Lippen werden die Nahrungsmittel ergriffen.

Sind sie zu gross, so werden durch Beissen Stücke von ihnen abgetrennt. Diese werden wiederholt zwischen die Zähne geschoben und durch diese zerkleinert, Kauen. Zugleich wird der entstehende Speisebrei innig mit dem Mundsaft gemischt, sodass er weich und schlüpfrig, für das Schlucken geeignet wird.

Beissen und Kauen.

Dabei wird der Unterkiefer gegen den Oberkiefer um eine transversale und eine verticale Axe bewegt, ausserdem sind Zunge und Wange thätig.

Der Unterkiefer

wird gehoben durch die Mm. Temporalis,
Masseter,
Pterygoideus int.,
herabgezogen durch die Mm. Digastricus,
Mylohyoideus,
Geniohyoideus; hierbei muss das Zungenbein fixiert sein durch Mm. Omohyoideus, Sternohyoideus, Sternothyreoideus und Thyreohyoideus.

Der Unterkiefer

wird nach vorn gezogen durch die beiden M. pterygoidei ext.,
nach rechts durch den linken Pterygoideus ext. und int.,
nach links durch den rechten Pterygoideus ext. und int.

Die Zunge

wird herausgestreckt durch den M. Genioglossus,
zurückgezogen durch Mm. hyoglossus und styloglossus,
zum Gaumen erhoben im vorderen Teil durch M. longitudinalis,
im hinteren Teil durch M. Palatoglossus, Styloglossus und Stylohyoideus.

Indem sich ferner die Zungenmuskeln in ihrer Wirkung in verschiedener Weise combinieren, kommen mannigfaltige Gestaltveränderungen der Zunge zu Stande.

Die Wange.

Der M. orbicularis oris schliesst die Mundöffnung.

Der M. buccinator drückt die Wange an die Zähne und schiebt die Speiseteile zwischen die Zähne.

Saugen.

Es wird in der Mundhöhle durch Abplatten und Herabziehen der Zunge ein luftverdünnter Raum erzeugt, den die einströmende

Flüssigkeit ausfüllt. Der negative Druck, der dabei in der Mundhöhle entsteht, kann 115 Mm. Hg und mehr betragen.

Schlürfen.

Dabei wird unter Abschluss der Rachenhöhle gegen die Nasenhöhle durch einen Inspirationszug die Flüssigkeit zugleich mit Luft aspiriert.

Innervation.

Masseter, Temporalis, Pterygoidei ext. und int., Mylohyoideus und der vordere Bauch des Digastricus werden vom N. crotaphitico-buccinatorius vom 3. Ast des Trigeminus, der Orbicularis oris, Buccinator und hintere Bauch des Digastricus vom N. facialis innerviert. Sämmtliche Zungenmuskeln, einschliesslich des Geniohyoideus und Stylohyoideus vom Hypoglossus, der Sternohyoideus, Sternthyreoideus, Thyreohyoideus und Omohyoideus vom R. descendens N. hypoglossi.

Speicheldrüsen.

In die Mundhöhle ergiesst sich das Sekret der Schleimdrüsen der Mundhöhle, der Mundschleim, und das Sekret der Speicheldrüsen, der Gl. Parotis, submaxillaris, sublingualis, Nuhnii. Das Gemisch dieser Sekrete bildet den Mundspeichel. Dieser hat neben seiner mechanischen Bedeutung, die Speisen schlüpfrig und dadurch zum Verschlucken geeignet zu machen, eine wichtige chemische Bedeutung, er bewirkt die Mundverdauung.

In 24 Std. werden beim Menschen etwa 1000 gr Speichel ausgeschieden.

Die Drüsen der Mundhöhle werden in zwei Arten unterschieden:

1. Schleimdrüsen.

Sie liefern ein schleim- (mucin-) haltiges Sekret. Hierzu gehören beim Menschen Gl. sublingualis, Gl. Nuhnii und der grösste Teil der Drüsen der Mundhöhlenschleimhaut. Man sieht in ihnen:

a) Grosse Zellen bis an das Drüsenlumen reichend. Enthalten Schleim, sind daher glasartig hell, glänzend, färben sich mit Ausnahme der Kerne mit Carmin fast gar nicht.

b) Kleine Zellen, an der Wand halbmondförmig angeordnet, „Gianuzzi'sche Halbmonde", granuliert, dunkel, enthalten noch keinen Schleim, färben sich mit Carmin gut.

Beide Zellformen stellen nur verschiedene Thätigkeitsphasen derselben Zellart dar. Die grossen Zellen sind die grade thätigen,

Schleim producierenden; sie drängen durch ihr Wachstum die anderen zur Zeit unthätigen vom Lumen ab. Haben sie ihr Sekret entleert, so beginnen die anderen, die kleinen ihre Thätigkeit und drängen jene an die Wand.

2. Eiweissdrüsen oder **seröse Drüsen.**

Sie liefern ein eiweissreiches, seröses Sekret. Es gehören dazu beim Menschen die Parotis und die Eiweissdrüsen der Zunge in der Gegend der Papillae circumvallatae und foliatae. Die kubischen oder konischen Sekretzellen zeigen in der Ruhe ein feinkörniges Protoplasma und in der Mitte einen kleinen Kern; im Zustand der Thätigkeit erscheinen die Zellen kleiner und trüber.

Die Glandula submaxillaris des Menschen ist eine gemischte Drüse; sie enthält sowohl Eiweiss, wie Schleim absondernde Drüsenabschnitte.

Innervation.

Die Speichelsekretion steht unter dem Einfluss des Nervensystems (s. Drüsenphysiologie). Jede Drüse besitzt „sekretorische Nervenfasern" vom cerebralen und vom sympathischen System.

Die Glandula submaxillaris und sublingualis erhalten Fasern:

a) vom Facialis, sie stammen aber in letzter Linie vom Glossopharyngeus; sie verlaufen in der Chorda tympani. Diese legt sich nach ihrem Austritt aus dem Schläfenbein durch die Fissura Glaseri dem Stamm des N. Lingualis (vom III. Ast des Trigeminus) an, geht dann als feines Stämmchen zum Ganglion submaxillare und von da zu den Drüsen. Ihre Reizung liefert ein reichliches, klares, dünnflüssiges, an festen Bestandteilen armes Sekret und bewirkt Erweiterung der Blutgefässe der Drüsen.

b) vom Hals-Sympathicus; ihre Reizung liefert ein spärliches, zähes, an festen Bestandteilen reiches Sekret und bewirkt Verengerung der Blutgefässe.

Die Glandula Parotis erhält Fasern:

a) vom Glossopharyngeus, die durch den Ramus tympanicus (N. Jacobsonii) dem Facialis zugeführt werden und von diesem als N. petros. superficial. minor zum Ganglion oticum und von dort mit dem N. auriculo-temporalis zur Drüse gehen.

b) vom Hals-Sympathicus.

Die Absonderung des Speichels erfolgt gewöhnlich auf reflektorischem Wege:

1. Centripetalleitende Nerven: Geschmacks- und Geruchsnerven, sensible Nerven des Mundes, Vagusäste des Magens.

2. Reflexcentrum: Medulla oblongata.

Auch das Grosshirn übt Einfluss auf die Speichelsekretion aus (Speichelfluss bei Vorstellung bestimmter Speisen).

Mechanismus der Speichelsekretion.

Wie bei jeder Drüsensekretion spielen Filtration und Osmose nur eine untergeordnete Rolle, das *Wesentliche ist die Thätigkeit der Drüsenzelle* (s. Drüsenphysiologie). Bei den Speicheldrüsen treten folgende besondere Erscheinungen auf:

a) Bei Reizung der Chorda ist der *Druck*, unter dem der Speichel secerniert wird, grösser (bis um 100 mm Hg) als der gleichzeitige Blutdruck in der Carotis.

b) Die *Temperatur* des abgesonderten Speichels kann um 1—$1^1/_2{}^0$ C höher sein als die Bluttemperatur.

c) Auch am abgeschnittenen Kopf, also nach *Erlöschen der Circulation*, lässt sich auf Reizung der Chorda noch Speichelsekretion erzielen.

d) Nach *Durchschneidung der sekretorischen Nerven* stockt die Sekretion, beginnt aber nach einigen Stunden wieder und hält dann noch Tage lang an, bis die Drüse atrophiert (Paralytische Speichelsekretion).

e) *Atropin lähmt* die Endigungen der Sekretionsnerven in der Drüse, *Pilocarpin reizt sie*. Auch Hg-Präparate erzeugen Speichelfluss.

Chemie der Mundverdauung.

Der Speichel ist eine farblose, fadenziehende, bald klare, bald trübe Flüssigkeit ohne Geschmack und Geruch von meist alkalischer Reaktion. Die Trübung rührt her von morphotischen Elementen, den Speichelkörperchen und abgestossenen Epithelien der Mundhöhle. Spec. Gewicht im Mittel 1,004.

Er ist sehr arm an festen Bestandteilen (zwischen $^1/_2$ und 1%). Von anorganischen Salzen enthält er besonders Chloralkalien und phosphorsauren Kalk (Speichelsteine), geringe Mengen von Rhodankalium (giebt mit Eisenoxydsalzen blutrote Farbe), von organischen Stoffen Mucin, Albumin, schliesslich an Gasen die Kohlensäure.

Den wesentlichen Bestandteil des Speichels bildet ein organisches Ferment, die *Speicheldiastase*, auch Ptyalin genannt, die *Stärkekleister* fast momentan in *Dextrin* und *Zucker überführt* (s. Fermente: Chemische Bestandteile.)

Der gebildete Zucker ist der Hauptsache nach Maltose, zum kleinen Teil nur Traubenzucker.

Auch auf rohes Stärkemehl wirkt der menschliche Speichel, aber erst nach längerer Zeit.

Am besten geht die Wirkung der Speicheldiastase bei Blutwärme vor sich (40°), bei 70° wird das Ferment zerstört, ebenso durch freie Mineralsäuren schon in schwacher Concentration.

Die Carnivoren besitzen keine Speicheldiastase, hier hat also der Speichel nur die oben erwähnte mechanische Bedeutung.

Da die Stoffe nur in gelöstem Zustande die Endigungen der Geschmacksnerven erregen, so ist der Mundspeichel auch der *Vermittler der Geschmacksempfindung.*

Schlingakt.

Durch den Schlingakt werden die in einen Brei verwandelten Speiseteile in den Magen hinabbefördert.

Die Mundöffnung wird geschlossen, die Kiefer gegen einander gepresst, die Zunge bildet eine sagittale Rinne, in welcher der Bissen hinabgleitet; dabei legen sich die Zungenränder an den harten Gaumen, die Zungenspitze wird gehoben: die Speisenteile werden zu einem rundlichen Bissen (bolus) geformt.

Nun tritt eine kräftige Contraction der Mm. mylohyoidei ein, die wie ein Spritzenstempel unter hohem Druck den Bissen in *einem* Akt in den Magen hinabschleudern. Durch diese Muskel wird nämlich der Boden der Mundhöhle samt dem Zungenbein gehoben, der Zungenkörper also nach hinten und oben gedrückt, während durch Contraction der M. Hyoglossi die Zungenwurzel nach unten und hinten gezogen wird.

Zu gleicher Zeit tritt ein luftdichter *Verschluss gegen die Nasenhöhle* und gegen den Kehlkopf ein. Ersterer kommt zu Stande durch Contraction der Levatores palati mollis und der Palatopharyngei und durch Vorwölbung der hinteren Rachenwand (Constrictor pharyngis superior), *der Verschluss gegen den Kehlkopf* dadurch, dass bei der Contraction der Mylohyoidei mit dem Zungenbein der Kehlkopf gehoben und so Kehldeckel

und Zungenwurzel auf den Kehlkopfeingang gepresst wird. Zur grösseren Sicherung wird die Stimmritze geschlossen durch Aneinanderlegen der Stimmbänder (Mm. thyereo-arytaenoidei und crico-arytaenoidei laterales). Das Hinunterspritzen erfolgt sehr schnell.

Daran schliessen sich zur Hinabbeförderung teils zurückgebliebener Reste, teils festerer oder zu trockener Speiseteile Contractionen der Rachen- und Speiseröhrenwand. Sie erfolgen peristaltisch d. h. so, dass am Schlund eine örtliche ringförmige Einschnürung auftritt, sich von Querschnitt zu Querschnitt fortpflanzt und wellenförmig über den ganzen Oesophagus herunter abläuft.

Der Schluckakt kann willkürlich oder unwillkürlich beginnen; einmal aber eingeleitet, läuft er unwillkürlich ab.

Innervation.

Der M. mylohyoideus wird vom R. crotaphitico-buccinatorius (3. Ast des Trigeminus) innerviert; der Hyoglossus von Hypoglossus; Levator palati mollis und Palatopharyngeus vom R. palatinus des Facialis und der R. pharyngei N. vagi, die Constrictores pharyngis und die Oesophagusmuskeln vom Glossopharyngeus und Vago-Accessorius.

Speichel:
1) Ptyalin (Speicheldiastase) in H_2O löslich, durch Alkohol gefällt
2) Mucin ([illegible])
3) Globulin (durch CO_2 [illegible] fällbar)
4) [illegible] Albumin)
NaCl, KCl
kohlens. phosphors. Kalk.
Phosphorsaure Magnesia
Rhodankalium ([illegible] rot + [illegible])
CO_2, O, N.

14. Magenverdauung.

Bewegungen des Magens.

Beim Übergang des Oesophagus in den Magen verdickt sich die Ringmuskelschicht des ersteren zum Sphincter cardiacus.

Derselbe ist tonisch contrahiert und bildet den Verschluss des Magens nach dem Oesophagus hin; sein Tonus lässt nach, wenn eine peristaltische Welle zum Magen gelangt, so dass nun die Cardia offen ist.

Sind die Speisen in den Magen eingetreten, so sondert der sich lebhaft rötende Magen sein Sekret, den Magensaft, ab; zugleich geht er aus dem trägen Zustand der Nüchternheit in lebhafte Bewegung über. Es erfolgen sowohl allseitige Contractionen der Ringmuskulatur, als auch von der Cardia nach dem Pylorus zu fortschreitende peristaltische Einschnürungen. Dabei wird der Pylorus durch den Sphincter daselbst verschlossen.

Es verschiebt der Magen dadurch im Ganzen wohl seine Flächen und Curvaturen, aber eine eigentliche Drehung findet nicht statt.

Durch die Bewegungen des Magens erfolgt eine möglichst ausgiebige Durchmischung des Speisebreis mit dem Magensafte, indem die Speisenteile mit immer neuen Stellen der secernierenden Oberfläche in Berührung kommen. Ab und zu öffnet sich der Pylorus, um vermöge seiner kräftigeren Muskulatur einen Teil des Mageninhalts in das Duodenum zu befördern.

Die Magenverdauung beginnt alsbald nach dem Eintritt der Speisen. Nach etwa 2 Stunden erreicht sie ihren Höhepunkt und nimmt dann wieder ab. Nach etwa 3—6 Stunden findet eine mächtige Entleerung des ganzen Restinhaltes in den Dünndarm statt.

Die Bewegungen des Magens sind abhängig vom Nervensystem. Es giebt reizende und hemmende Nervenfasern für den Magen, die im Vagus bez. Sympathicus verlaufen.

Als **Erbrechen** bezeichnet man die Herausbeförderung des Mageninhaltes nach Eröffnung der Cardia in die Speiseröhre und nach aussen. Es kommt zu Stande durch die Wirkung der Bauchpresse, d. h. durch die gleichzeitige Wirkung der Bauchmuskeln und des Zwerchfells (S. 77). Dazu kommen auch aktive Bewegungen des Magens, bes. am Pylorus, zum Verschluss desselben gegen den Darm.

Das Erbrechen wird veranlasst reflektorisch bei Überfüllung des Magens, im allgemeinen durch Reizung der Schleimhaut des Darmtractus von dem Rachen bis zum Dickdarm, von der Schleimhaut der Gallengänge, des Nierenbeckens und der Harnleiter, wie überhaupt vom ganzen Splanchnicus-Gebiet aus; psychisch vom Gehirn aus; schliesslich durch gewisse Arzeneimittel, „Brechmittel", die in den Magen oder ins Blut gebracht direkt auf das Brechcentrum in der Medulla oblongata wirken.

Sekretion des Magensaftes.

Die Drüsen der Magenschleimhaut.

Der Magensaft ist das Sekret der schlauchförmigen Drüsen der Magenschleimhaut. Man unterscheidet 2 Arten derselben:

1. Fundusdrüsen,

die im Fundus vorkommen, bestehen aus langem Schlauch und kurzem Ausführungsgang. Auf der Membrana propria sitzen

1. cylindrische, helle Zellen, die sog. Hauptzellen oder adelomorphe Zellen;

2. kuglige, grosse Zellen mit körnigem eiweissreichen Inhalt, die Belegzellen oder delomorphe Zellen; sie liegen der Membrana propria an, erreichen nie das eigentliche Drüsenlumen.

2. Pylorusdrüsen,

nur im Pylorusteil, langer Ausführungsgang und kurzer Drüsenschlauch, besitzen nur helle cylindrische Zellen, die sog. Hauptzellen.

Da der abgetrennte Fundus einen Lab-, Pepsin- und Salzsäurehaltenden Saft, der isolierte Pylorus ein zähes alkalisches Lab- und Pepsin-haltiges Sekret liefert, so nimmt man an,

dass die Hauptzellen, aus denen allein das secernierende Epithel des Pylorus besteht, Lab und Pepsin absondern,

während die Belegzellen, die nur in den Fundusdrüsen sich finden, Säure bilden.

Mechanismus der Sekretion.

Während der Verdauung zeigen die secernierenden Zellen bestimmte Veränderungen.

Die Cylinderzellen werden grösser und mässig trübe, auch die Belegzellen schwellen an; weiterhin verkleinern sich unter starker Trübung die Hauptzellen, während die Belegzellen noch vergrössert bleiben; nach Ablauf der Verdauung erscheinen die Hauptzellen wieder hell, die Belegzellen verkleinert.

Die Bildung der eigentümlichen Fermente (Pepsin, Labferment) sowie der Säure aus dem alkalischen Blut spricht auch hier wieder für eine specifische Thätigkeit der Drüsenzellen.

Die Salzsäure entsteht aus den Chloriden, die das Blut liefert; wie, ist noch unbekannt. Die saure Reaktion beschränkt sich nur auf die Oberfläche der Schleimhaut, der untere Teil derselben reagiert neutral oder sogar alkalisch.

Im nüchternen Zustand wird kein Magensaft abgesondert, die grau erscheinende Schleimhaut ist mit einer dünnen Lage schwach alkalischen Schleims überzogen, der von der schleimigen Umwandlung des Oberflächenepithels herrührt.

Innervation.

Die Sekretion des Magensaftes tritt ein, sobald Speisen in den Magen gelangen, teils durch ihren mechanischen, teils durch ihren chemischen Reiz. Reizung des Vagus oder Splanchnicus oder der sympathischen Äste vom Ganglion coeliacum bewirkt keine Sekretion, ebensowenig hört die Sekretion nach Durchschneidung jener Nerven auf. Psychisch kann vom Grosshirn aus die Sekretion angeregt werden durch Erregung der Geruchs- oder Gesichtsnerven, wenn man z. B. einem Hunde einen schmackhaften Bissen vorhält.

Chemie der Magenverdauung.

Der in den Magen gelangte Speisebrei unterliegt zunächst noch der amylolytischen Wirkung des Speichels weiter,

I. Stadium der Magenverdauung. Indem aber zugleich die Sekretion des Magensaftes beginnt, wird durch den zunehmenden Säuregehalt das diastatische Ferment unwirksam, etwa nach $^1/_2$ Stunde.

Es beginnt dann das

II. Stadium der Magenverdauung, der Speisebrei unterliegt der Einwirkung des Magensaftes.

Der **Magensaft** ist eine klare, farblose oder blassgraue, energisch sauer reagierende Flüssigkeit; spec. Gewicht etwa 1,005; er enthält bis zu 2 % feste Stoffe. Neben anorganischen Salzen, bes. Chloriden, finden sich drei charakteristische Bestandteile; Salzsäure, Pepsin und Labferment.

1. freie Salzsäure.

Ihr Gehalt beträgt bis zu 0,2 % (beim Menschen). Sie giebt mit Methylviolettlösung blaue, mit Tropaeolinlösung lila, mit Congorot blaue Färbung.

2. Pepsin.

Es ist ein tierisches Ferment, ein eiweissähnlicher, nicht diffusibler, d. h. tierische Häute nicht durchsetzender Körper. Er wirkt energisch auf die Eiweisse, aber nur bei Gegenwart freier Säure in einer Concentration, wie sie etwa im Magensaft vorhanden ist. Man gewinnt es zu Verdauungsversuchen, indem man es mit Glycerin aus der Magenschleimhaut extrahiert; damit kann man künstliche Verdauungsversuche anstellen.

Wie alle Fermente, hat es ein Temperatur-Optimum seiner Wirksamkeit (35—40°) und wirkt schon in geringsten Mengen.

Die Pepsinwirkung besteht darin, dass die Eiweisse unter hydrolytischer Spaltung in Peptone übergeführt werden, peptonisiert werden, wobei als Zwischenstufen Acidalbuminat (Syntonin) und Albumosen entstehen.

Die Peptone unterscheiden sich von den Eiweissen dadurch, dass sie:

1. in Wasser in jedem Verhältnis leicht löslich sind; die Lösungen schmecken intensiv bitter;
2. diffusibel sind;
3. in der Siedehitze nicht gerinnen;
4. nicht durch Mineralsäuren, noch durch Essigsäure + Ferrocyankalium gefällt werden; nur Gerbsäure, Sublimat und Phosphorwolframsäure fällen Peptone.

Die Peptone geben, selbst in Spuren, mit Natronlauge und einigen Tropfen dünner Kupfersulfatlösung in der Kälte eine purpurrote Färbung (Pepton- oder Biuret-Reaktion), während die anderen Eiweisskörper nur eine blauviolette Färbung geben.

Man unterscheidet die Peptone wieder in Hemipeptone und Antipeptone.

Vorstufen des Peptons sind, wie erwähnt:

Acidalbuminat (Syntonin) fällt durch Neutralisieren aus;

Albumosen (Propepton) zeigen die ihnen allein zukommende Eigenschaft, dass ihre durch wenig Salpetersäure bewirkte Fällung sich beim Erwärmen löst und beim Erkalten wieder erscheint. Von den Peptonen speciell unterscheiden sie sich dadurch, dass sie durch Sättigen mit Ammonsulfat gefällt werden, jene nicht. Man unterscheidet primäre (Protalbumose und Heteralbumose) und sekundäre (Deuteroalbumose) Albumosen.

Die Proteïne werden im Magen nicht vollständig in Peptone übergeführt, vielmehr findet man in allen Stadien der Magenverdauung mehr Albumosen als Peptone.

Die pflanzlichen Proteïne liefern in gleicher Weise Proteosen.

Die Proteïde (s. S. 16) werden im Magen erst in ihre Componenten zerlegt, das entstehende Proteïn unterliegt der Einwirkung des Pepsins und der Salzsäure, wie die gewöhnlichen Proteïne.

Von den Albuminoïden wird nur Collagen (erst zu Leim, dann zu Proteosen ähnlichen Körpern, den „Leimpeptonen",) und Elastin (sehr schwer) verdaut.

Die Überführung der Eiweisskörper in Peptone gelingt zwar auch durch die Salzsäure allein, aber nur in stärkerer Concentration, bei höherer Temperatur oder nach vielstündiger Einwirkung. Das Pepsin verkürzt also ausserordentlich die Peptonisierung. Pepsin allein kann Eiweiss in keinem Falle spalten. Säure- und Pepsingehalt müssen in einem bestimmten Verhältnis stehen; Abweichungen davon schwächen die verdauende Wirkung.

Welche Bedeutung der Salzsäure bei der Pepsinverdauung zukommt, ist ungewiss; sicher ist nur, dass sie durch andere Säuren ersetzt werden kann, doch müssen sie alle in stärkerer Concentration angewandt werden.

Das Wesentliche der Pepsinverdauung besteht also darin, dass geronnene oder in unlöslicher Modifikation befindliche Eiweisse in kürzester Zeit in eine in Wasser leicht lösliche und durch tierische Membranen diffusible Modifikation übergeführt werden.

3. Labferment.

Es ist ebenfalls ein tierisches Ferment, wird selbst durch ganz dünne Alkalien zerstört. Es bringt schon in sehr geringer Menge die Milch zum Gerinnen, indem es aus dem löslichen Nucleoalbumin derselben, dem Caseïn (s. S. 13), das unlösliche Paracaseïn abspaltet, das sich mit den Kalksalzen der Milch verbindet. Das so entstandene Gerinnsel unterliegt dann der Pepsinverdauung. Anwesenheit von Säure, wie im Magensaft, begünstigen die Labgerinnung.

Verhalten des Magensaftes gegen Nicht-Eiweisse.

Auf die Kohlehydrate wirkt der Magensaft einfach lösend. Die Milchsäure, die man meist im Magensaft findet, entsteht wahrscheinlich durch Gärung aus Kohlehydraten.

Salze werden im Magen gelöst, kohlensaure unter Freiwerden der CO_2. Diese und die verschluckte Luft bilden die Magengase, die durch Aufstossen, Ructus, entleert werden. Stärkere Entwicklung von Gasen ist ein Zeichen abnormer Gärungsvorgänge.

Keine Wirkung übt der Magensaft aus auf Fette, Horngewebe, Mucin und Cellulose.

Neben der verdauenden Wirkung hat man dem Magensaft auch eine Bedeutung als Antisepticum und Desinficiens zugeschrieben, bedingt durch seinen Salzsäuregehalt. In der That werden Cholera- und Fäulnisbakterien vom Magensaft abgetötet. Auch die Milchsäure-, Buttersäure- und Essigsäuregärung werden bei Gegenwart der Salzsäure verhindert, doch die Milchsäuregärung nicht vollständig. Es scheint daher die bakterieide Wirkung des Magensaftes nur eine bedingte zu sein.

Selbstverdauung des Magens.

Warum greift der Magensaft nicht auch die Magenwand an? Dass nicht das „lebende“ Gewebe vor der Einwirkung des Magensaftes schützt, wird bewiesen dadurch, dass ein lebender Froschschenkel, durch eine Fistel in einen Hundemagen gebracht, verdaut wird. Wahrscheinlich beruht vielmehr der Schutz gegen die Selbstverdauung auf der Alkalascenz des ständig circulierenden Blutes. Wird daher ein Blutgefäss unterbunden oder verstopft (Magengeschwür), so tritt in der That in dem von ihm versorgten Gebiet Selbstverdauung ein. Ebenso findet eine solche nach dem

Tode statt, wo die Circulation aufhört, begünstigt durch die postmortale Temperatursteigerung. Unter Umständen kann sie zur Ruptur der Magenwandung führen. Die Epithelzellen der Magenschleimhaut scheinen durch ihre grosse Widerstandsfähigkeit den Schutz zu unterstützen.

Magen der Wiederkäuer.

Die Wiederkäuer besitzen einen vierfachen Magen:

1. Pansen, Rumen (daher Ruminatio = Wiederkäuen).
2. Netzmagen, Reticulum.

Hat die Nahrung diese beiden Mägen passiert, so wird sie durch antiperistaltische Bewegung wieder emporbefördert, abermals gekaut, wieder verschluckt und gelangt nun in

3. Psalter, Omasus und
4. Labmagen, Abomasus, Drüsenmagen = Magen des Menschen.

---

15. Leber und Galle.

Bau der Leber.

Die Leber empfängt arterielles Blut aus ihrem Vas privatum, der A. hepatica, die als Vas nutriens anzusehen ist; ihre Capillaren gehen meist schon in die interlobulären Pfortaderäste über.

Venöses Blut empfängt die Leber aus den Venen des Magens, des Darmkanals und der Milz durch die V. portae.

Die Leber giebt venöses Blut ab durch die VV. hepaticae in die V. cava inf.

Die V. portae verzweigt sich durch die ganze Leber; sie bildet dabei polygonale Räume, die ausgefüllt sind mit den Leberzellen, regelmässigen Polyedern. So entstehen die bes. bei der Schweineleber schon mit blossem Auge erkennbaren Lobuli. In der Mitte jedes Lobulus liegt ein Gefäss, der Anfang der V. hepatica, Vas intralobulare genannt, im Gegensatz zu den am Rande des Lobulus liegenden Pfortaderästen Vasa interlobularia. Von den Vasa interlobularia findet nun der Übergang zu den Vasa intralobularia durch Capillaren statt, die den Lobulus in radiärer Richtung durchsetzen, also zwischen den Leberzellen selbst verlaufen.

Ausserdem liegen zwischen den einzelnen Leberzellen die Anfänge der Gallengänge, die Gallencapillaren. Sie werden gebildet dadurch, dass die aneinander stossenden hohl-rinnenförmigen Vertiefungen zweier benachbarter Leberzellen einen Kanal bilden. Da die Galle das Sekret der Leber ist, so ist die Leber eine Drüse, die Leberzellen sind das secernierende Epithel, die Gallencapillaren die Lumina der Drüsenacini, die interlobulären Gallengänge die Drüsenausführungsgänge. Von den Flächen eines Zellenpolyeders bilden mehrere mit den benachbarten Zellenflächen solche Gallencapillaren. Von den Blutcapillaren sind die Gallencapillaren stets ein Stück entfernt, sodass sie sich nie berühren.

Die Leberzellen erscheinen auf einem Querschnitt regelmässig polygonal mit einem oder mehreren Kernen und einem granulierten Protoplasma, in dem sich Pigment, Fetttröpfchen (in der Peripherie) und Glycogenkörnchen (central um den Kern) befinden.

Die Leber ist die grösste Drüse des Körpers, sie wiegt im Mittel $1^1/_2$ kg.

Sie ist sehr reich an Eiweiss. Die Tierleber ist daher ein vortreffliches Nahrungsmittel, da sie vor dem Muskel den Mangel an Sarkolemm und zum grössten Teil an interstitiellem Bindegewebe voraus hat. Sie enthält ferner Fette, Extraktivstoffe und Kohlehydrate in Form von Glycogen oder Traubenzucker.

Bemerkenswert ist ihr hoher Gehalt an Eisen, das teils in organischer Bindung teils als anorganisches Salz vorkommt.

Bedeutung der Leber.

1. Die Leber ist ein wichtiges Schutzorgan des Körpers. Sie ist als mächtiger Filtrierapparat in den Kreislauf eingeschaltet, der aus dem Darm zugeleitete schädliche Stoffe teils vollständig zurückhält, teils sie in eine unschädliche Form überführt, so dass sie als solche zur Ausscheidung gelangen können. Es laufen daher in der Leber wichtige chemische Umsetzungsprozesse ab.

2. Die Leber ist eine Drüse, ihr Sekret ist die Galle.

3. Schliesslich haben wir die Leber schon als eine Stätte kennen gelernt, wo rote Blutkörperchen zahlreich zu Grunde gehen. Aus dem Hämoglobin derselben bilden sich die Gallenfarbstoffe, das Eisen desselben wird zum Teil in der Leber abgelagert (daher ihr hoher Gehalt an Eisen), zum Teil ausgeschieden durch die Galle oder durch den Harn.

Die Leber als Filter.

1. Die Leber hält tierische und pflanzliche Gifte (Alkaloïde) zurück, zerlegt sie und bringt sie durch die Galle zur Ausscheidung. Ebenso hält sie metallische Gifte (Arsen, Blei) auf, um sie später allmählich auszuscheiden.

2. Sie führt die bei der Fäulnis des Eiweiss im Darmkanal normaler Weise sich bildenden aromatischen Körper: Phenol, Indol, Skatol, die für den Organismus schädlich sein würden, in

die ungiftigen aromatischen Aetherschwefelsäuren, über die dann, durch den Harn an Alkali gebunden, ausgeschieden werden.

3. Sie bildet aus den sehr giftigen Amidosäuren und Ammoniumsalzen, wie sie aus dem Eiweiss sowohl in den Geweben bei der Oxydation als auch im Darm bei der Fäulnis entstehen, den unschädlichen Harnstoff, bez. Harnsäure bei den Tieren (Vögel und Reptilien), die diese statt Harnstoff ausscheiden. Die Leber ist also eine wesentliche Bildungsstätte für den Harnstoff.

4. Sie bereitet aus Zucker Glycogen und speichert dieses auf.

Die Glycogenbildung in der Leber.

Die Kohlehydrate der Nahrung gelangen als Monosaccharide zur Resorption in das Pfortaderblut. Würden diese direkt in die Circulation gelangen, so würden sie, wenn sie einen gewissen geringen Gehalt des Blutes daran überschreiten, glatt durch die Nieren ausgeschieden werden, also dem Körper zum grössten Teil verloren gehen. Ausserdem erfahren die Nieren bei längerer Zuckerausscheidung eine secundäre Schädigung, sodass es zur erheblichen Albuminurie kommt. In der Leber werden indessen die Monosaccharide in Glycogen (s. S. 21) übergeführt und zurückgehalten.

Das Glycogen ist in den Leberzellen als Körnchen enthalten, die um den Kern liegen. Seine Menge ist sehr wechselnd: sie zeigt eine tägliche Periode; mehrere Stunden nach der Nahrungsaufnahme ist sie am grössten. Beim Hungern schwindet das Glycogen völlig, bei reichlicher Zufuhr von Kohlehydraten steigt sein Gehalt ausserordentlich. In der toten und absterbenden Leber wird es durch ein in der Leber vorhandenes diastatisches Ferment schnell in Zucker verwandelt, weshalb man früher immer Zucker in der Leber fand und ihr eine zuckerbildende Funktion zuschrieb. Um also Glycogen zu gewinnen, muss man die noch lebenswarme Leber in siedendes Wasser bringen, um die Wirkung jenes Fermentes zu verhindern.

Reines Glycogen ist eine weisse amorphe Substanz.

Wie die Leberzellen aus dem Zucker Glycogen bilden, so können sie auch wieder aus Glycogen Zucker bilden und durch die V. hepatica dem Blut und damit den Geweben zuführen. Dies tritt ein, sobald eine ungenügende oder gar keine Zufuhr von Kohlehydraten statt hat, z. B. bei Inanition, oder bei Mehrverbrauch von Kohlehydraten, z. B. bei grosser Muskelanstrengung oder grosser Wärmeabgabe.

Aus alledem geht hervor, dass die Glycogenbildung in der Leber die Bedeutung hat, Kohlehydrate in einer schwer löslichen Form zurückzuhalten und Vorräte davon aufzuspeichern, die im Bedarfsfalle wieder an die Gewebe abgegeben werden, um durch ihren Zerfall anderes Körpermaterial (Eiweisse und Fette) zu schonen.

Auch im Muskel findet sich Glycogen, das bei der Thätigkeit schwindet. Es hat offenbar für den Muskel dieselbe Bedeutung wie das Leberglycogen für den ganzen Organismus; es stammt aber als solches nicht aus der Leber.

Sind nun in der Regel und der Hauptsache nach die Kohlehydrate Glycogenbilder, so kann doch auch aus Eiweiss Glycogen entstehen, nicht aber aus Fett.

Pathologisch kann eine Störung der Glycogenbildung in der Leber eintreten. Es kommt dann zu einer Ausscheidung von Traubenzucker durch den Harn, Diabetes mellitus. Man kann Zuckerharnruhr künstlich erzeugen:

1. durch Verletzung des Bodens im 4. Hirnventrikel, den sogenannten Zuckerstich (Piqûre).
2. durch gewisse Gifte: Phloridzin, Curare.
3. durch Exstirpation des Pankreas.

Die Leber als Drüse: die Galle.

Das Sekret der Leber ist die Galle; ihre specifischen Bestandteile werden von den Leberzellen selbst gebildet, sie finden sich nirgends sonst im Körper.

Die Gallensekretion

findet im Gegensatz zur Speichel- und Magensaftsekretion beständig statt, doch ist sie unmittelbar nach der Nahrungsaufnahme vermehrt und erreicht etwa 3—5 Stunden später ihren Höhewert; ein zweites Maximum tritt noch einige Stunden später auf. Die Vermehrung der Sekretion bei der Verdauung beruht wahrscheinlich darauf, dass Bestandteile der in den Darm abgeschiedenen Galle wieder resorbiert werden. Indem solche Bestandteile in die Leber gelangen, regen sie dieselbe zu stärkerer Thätigkeit an Reichliche Fleischkost und noch mehr ausschliessliche Fettkost vermehren ebenfalls die Sekretion.

Im Ganzen wird in 24 Stunden von einem Erwachsenen mindestens $^1/_2$ Liter Galle ausgeschieden.

Von den Blutgefässen ist bei der Sekretion in erster Linie die Pfortader beteiligt.

Der Druck,

unter dem die Galle abgesondert wird, ist, im Gegensatz zur Speichelsekretion, sehr gering, aber immer noch etwas grösser als der Blutdruck in der Pfortader. Es muss daher der Sekretionsdruck der Galle herrühren von der Thätigkeit der Leberzellen selbst. Dennoch ist der Blutstrom der Pfortader nicht ohne Einfluss. Je grösser seine Geschwindigkeit ist, je mehr Blut mit den Leberzellen in der Zeiteinheit in Berührung kommt und ihnen Bildungsmaterial zuführt, um so stärker ist auch die Gallensekretion.

Der Austritt der Galle.

Die Galle sammelt sich aus den Capillaren in den Ductus biliferi, die sich zum Ductus hepaticus vereinigen; dieser tritt mit dem Ausführungsgang der Gallenblase, dem Ductus cysticus, zum Ductus choledochus zusammen. Der letztere senkt sich in die Pars descendens Duodeni ein, verläuft etwa $1^1/_2$ cm in der Wandung zwischen Muscularis und Schleimhaut und mündet dann mit dem Ductus pancreaticus in das Darmlumen ein. Infolge der schiefen Art der Einmündung, wodurch die innere Öffnung höher liegt als die äussere Eintrittsstelle, wird bewirkt, dass bei Contractionen und Bewegungen des Duodenum kein Darminhalt in den Ausführungsgang eintreten kann. Der Sekretionsdruck ermöglicht aber den Austritt der Galle.

Wird indessen durch ein Hindernis die Entleerung und der Abfluss der Galle unmöglich gemacht, so tritt die secernierte Galle infolge des Sekretionsdruckes anstatt in die Gallencapillaren in die Anfänge der Lymphgefässe über und gelangt ins Blut und die Gewebe (Ikterus, Gelbsucht); sie wird dann durch den Harn ausgeschieden. Die gallensauren Salze rufen durch direkte Wirkung aufs Herz Pulsverlangsamung hervor.

In der Nüchternheit wird die Galle nicht in den Darm abgeschieden, sondern sie gelangt vom Ductus hepaticus durch den Ductus cysticus in die Gallenblase und sammelt sich hier.

Die Gallenblase ist also ein Reservoir für die Galle; zugleich wird sie hier durch Wasseraufsaugung concentrierter und erhält den von der Blasenschleimhaut gelieferten alkalisch reagierenden Schleim beigemischt. Die meisten Pflanzenfresser haben keine Gallenblase.

Chemie der Galle.

Die Galle ist beim Menschen eine klare, fadenziehende Flüssigkeit von goldgelber bis gelbbrauner Farbe, von bitterem Geschmack und moschusähnlichem Geruch; Reaktion neutral bis schwach alkalisch, Spec. Gewicht 1,020—1,030.

Sie enthält wesentliche Bestandteile, die sich sonst nicht im Tierkörper finden, und unwesentliche Bestandteile, die auch anderswo im Körper vorkommen.

1. **Wesentliche Bestandteile** sind:

I. Gallensäuren.

Sie kommen als Natronsalze vor. Es sind:

a) die Glycocholsäure = Glycocoll + Cholalsäure } unter Wasser-
b) die Taurocholsäure = Taurin + Cholalsäure } abspaltung.

Die beiden Säuren sind „gepaarte Säuren", d. h. jede ist aus 2 Säuren vereinigt, aus einer stickstofffreien, die in beiden vorkommt, der Cholalsäure, auch Cholsäure genannt, und aus einer stickstoffhaltigen, einer Amidosäure, Glycocoll und Taurin, die beide als Zersetzungsprodukte der Eiweisskörper sich bilden. Bemerkenswert ist Taurin durch seinen Schwefelgehalt.

Die Gallensäuren sind löslich in Wasser und Alkohol, drehen die Polarisationsebene nach rechts, geben mit Rohrzucker und conc. Schwefelsäure eine purpurrote Färbung (Pettenkofer'sche Probe).

Im Darm werden die gallensauren Salze in ihre Paarlinge zerlegt, zum Teil resorbiert, zum Teil (die Cholalsäure als Dyslysin) mit den Faeces ausgeschieden.

II. Gallenfarbstoffe.

a) Bilirubin, der wichtigste, rotgelb, ist identisch mit Hämatoïdin. Er ist unlöslich in Wasser, Alkohol, Aether, löslich in Alkalien, wird in der Galle durch die Alkalisalze der Gallensäure in Lösung erhalten.

b) Biliverdin, bei Herbivoren, ein Oxydationsprodukt des vorigen.

Die Gallenfarbstoffe lassen sich nachweisen durch die Gmelin'sche Reaktion. Setzt man zu einer gallenfarbstoff-haltigen Lösung Salpetersäure, die etwas salpetrige Säure enthält, so entstehen an der Berührungsfläche beider Flüssigkeiten farbige Ringe, von unten nach oben: rot, violett, blau, grün. Es sind dies nichts anders als fortschreitende Oxydationsstufen des Bilirubins.

Die Gallenfarbstoffe entstehen in der Leber aus dem Hämatin der dort zerfallenden roten Blutkörperchen unter Abspaltung des Eisens.

2. **Unwesentliche Bestandteile** sind Cholestearin (s. S. 23), Mucin, Fette und anorganische Salze: neben Chlornatrium vorwiegend Phosphate und etwas Eisen (aus dem Hämatin der roten Blutkörperchen).

Bedeutung der Galle.

Auf die Eiweissstoffe wirkt die Galle gar nicht ein.

Auf Stärkekleister hat sie eine mässige diastatische Wirkung, die aber gegenüber der des Pankreas gar nicht in Betracht kommt.

Dagegen befördert die Galle die Fettverdauung:

1. Sie führt die durch den Pankreassaft aus den Fetten gespaltenen Fettsäuren durch ihre Alkalien in wasser-lösliche Seifen über, ferner emulgiert sie selbst vermöge ihres Sodagehaltes Fette. Die Wichtigkeit der Galle für die Fettverdauung geht daraus hervor, dass, wenn ihre Zufuhr behindert ist (Ikterus oder Gallenfistel), der Kot sehr fettreich ist, also weniger Fett resorbiert wird.

2. Ferner begünstigt die Galle die fettspaltende Wirkung des Pankreassaftes beträchtlich (um das 2—3fache).

3. Sie übt auf das Zottenepithel des Darmes einen Reiz aus und regt dasselbe dadurch zur Fettaufnahme an.

Ausserdem kommt der Galle noch die Bedeutung zu:

4. Sie begünstigt durch ihre Alkalescenz die Wirkung des Trypsins auf Eiweiss, die in einem alkalischen Pankreasgemisch energischer und umfangreicher vor sich geht.

5. Schliesslich regt sie die Peristaltik an. Dass die Faeces bei Abschluss der Galle einen viel stärkeren Fäulnisgeruch annehmen, beruht wohl nicht auf dem Ausbleiben einer direkten antiseptischen Wirkung der Galle, als vielmehr darin, dass die Contenta infolge der verringerten Peristaltik länger im Darme verweilen, also den Fäulnisprozessen mehr ausgesetzt sind.

Die Gallenfarbstoffe geben den Faeces ihre dunkle Farbe, bei Ikterus oder Gallenfistel erscheinen die Faeces hell, thonartig.

---

16. Pankreas und Darm.

Sekretion des Pankreassaftes.

Die Bauchspeicheldrüse, das Pankreas, ist eine *zusammengesetzte tubulöse Drüse*. Die Ausführungsgänge der einzelnen Drüsenläppchen gehen sämtlich in den gemeinsamen in der Längsaxe des Organs verlaufenden Ausführungsgang über, den Ductus Wirsungianus, der mit dem Ductus choledochus zusammen ins Duodenum mündet.

Die Drüsenläppchen enthalten ein *vollsaftiges niedriges Cylinderepithel*, welches an der dem Lumen zugewandten Seite, der Innenzone, reichlich mit stark lichtbrechenden Körnchen erfüllt ist. Während der Thätigkeit verschwinden die Körnchen, die Innenzone wird hell. In der Ruhe stellt sich wieder die körnige Innenzone her. Im Hungerzustand sieht die Drüse blassgrau aus, im Beginn der Verdauung färbt sie sich lebhaft rosa; dann erscheint, wie bei der Thätigkeit der Speicheldrüsen, sogar das Blut in den Venen hellrot.

Die *Sekretion* findet bei den Herbivoren continuirlich, bei den Carnivoren intermittierend, nur zur Zeit der Verdauung, statt.

In 24 Stunden scheidet der Erwachsene etwa 150 g aus.

Der *Sekretionsdruck* ist wenig höher als der der Galle.

Chemie des Pankreassaftes.

Der *Pankreassaft* ist eine dickflüssige, farblose, geruchlose Flüssigkeit von alkalischer Reaktion (infolge des Gehaltes an Natriumcarbonat), die in der Kälte gallertig erstarrt.

Bestandteile sind: viel in der Hitze gerinnbares Eiweiss, wenig Leucin, Tyrosin, Fett, anorganische Salze und schliesslich als wichtigste: drei auf bestimmte Nahrungsstoffe wirkende Fermente: ein diastatisches dem Ptyalin ähnliches Ferment, das Trypsin und das Steapsin.

Amylopsin

Wirkung des Pankreassaftes.

1. **Die Pankreasdiastase** wirkt auf die Kohlehydrate, wie das Ptyalin des Speichels, nur energischer: gequollene Stärke wird in Dextrin, Maltose und Traubenzucker übergeführt; letzterer wird in reicherem Maasse gebildet, als bei der Ptyalinspaltung. Selbst rohes Stärkemehl wird von der Pankreasdiastase verdaut.

2. **Das Trypsin** wirkt auf die Eiweisskörper der Nahrung, am besten, im Gegensatz zum Pepsin, in alkalischer Lösung.

Aus den Proteïnen entstehen secundäre Albumosen (die primären werden nicht gebildet), dann Peptone (cfr. S. 149). Aber damit, dies ist ein fernerer Unterschied von der Pepsinverdauung, ist die Wirkung des Trypsins noch nicht beendet. Während die Antipeptone unverändert bleiben, werden die Hemipeptone in eine Reihe von Amidosäuren gespalten: Leucin, Tyrosin, Asparaginsäure u. a.

Weiterhin treten in einem Eiweiss-Pankreasgemisch aromatische Körper auf, die einen intensiv faeculenten Geruch verbreiten, Indol und Skatol, ferner andere wie Phenol und Kresol; zugleich nimmt das Gemisch eine dunkelbraune Färbung an. Dies alles rührt aber nicht von einer direkten Wirkung des Trypsins her, es sind vielmehr nur die Produkte der eingetretenen Eiweissfäulnis, die allerdings durch den alkalischen Pankreassaft, als einen vorzüglichen Nährboden für Fäulnisbakterien, angeregt und unterhalten wird. Das Entstehen von Phenol und Kresol ist insofern interessant, als diese selbst antiseptisch, fäulniswidrig wirken.

Im weiteren Gegensatz zum Pepsin, löst Trypsin elastische Substanz leicht, Collagen nicht; wohl aber löst es Leim und führt ihn in Leimpeptone über.

Die Wirksamkeit des Trypsins wird vom Pepsin in saurer Lösung aufgehoben, das Trypsin wird, so zu sagen verdaut, nicht aber das Pepsin vom Trypsin in alkalischer Lösung. Dass nun trotzdem das Trypsin im Darm zur Wirkung kommt, beruht darauf, dass die freie Salzsäure, die zur Wirkung des Pepsins nötig ist, sofern sie nicht bei der Peptonisierung schon verbraucht ist, durch Pankreassaft, Galle und Darmsaft neutralisiert wird.

Das Trypsin findet sich als solches im lebenden Pankreas nicht, es wird vielmehr erst bei der Verdauung (oder nach einiger Zeit in der toten Drüse) aus einer Vorstufe, einem Zymogen,

unter gewissen Bedingungen abgespalten; diese Vorstufe nennt man Trypsinogen.

3. **Das Steapsin und die Fettverdauung.** Der Pankreassaft wirkt auf die Nahrungsfette in doppelter Weise:

1. physikalisch, indem er sie, sofern sie schon freie Fettsäuren enthalten, infolge seiner Alkalescenz emulgiert;

2. chemisch, indem das Steapsin die Fette zum Teil in ihre Componenten, Fettsäuren und Glycerin (s. S. 22), spaltet, also auch Neutralfette ranzig macht. Dann tritt wieder die erste Wirkung ein, sie werden emulgiert.

Ranziges Fett in eine schwache Sodalösung gebracht, emulgiert spontan, ohne jede mechanische Einwirkung. Man stellt sich vor, dass die freien, abgespaltenen Fettsäuren sich zwischen den Fettmolekülen befinden und, indem sie sich mit dem Alkali zu Seifen verbinden, diese Fettmoleküle auseinandertreiben. Ist zu wenig Sodalösung vorhanden, so können auch die überschüssigen Fettsäuren als solche emulgiert werden.

Die Bedeutung dieser Einwirkung des Pankreassaftes liegt nun darin, dass die Seifen, als im Wasser löslich, einfach diffundieren und das als Emulsion überaus fein verteilte Fett von dem Zottenepithel leicht aufgenommen wird.

Auch die Galle liefert mit ranzigem Fett eine Emulsion infolge ihres Gehaltes an gallensauren Alkalien und Seifen; sie unterstützt die Wirkung des Pankreas.

Der Darm.

Die Länge des Darmkanals verhält sich zur Körperlänge (der Vergleichung halber gemessen von der Nase bis zum After)

beim Menschen 9:1,
bei der Katze (Carnivoren) 4:1,
beim Rind (Herbivoren) 20:1.

Ähnlich verschieden verhält sich die Capacität des Darmkanals. Diese Zahlen werden verständlich, wenn man bedenkt, dass die cellulosereiche Nahrung der Herbivoren nur sehr schwer verdaulich ist, ja dass die Cellulose selbst, um verdaulich zu werden, der Fäulnis unterliegen, also lange im Darmkanal verweilen muss.

Darmperistaltik.

Während der Verdauung treten am Darm, wie beim Schlucken an der Speiseröhre (s. dort), peristaltische Bewegungen der glatten Muskulatur der Darmwand auf, die, vom Magen zum After verlaufend, den Inhalt in dieser Richtung vorwärts schieben und ihn dabei ausgiebig mit den Säften des Darmkanals mischen. Ausserdem verschieben sich auch einzelne Darmschlingen zu einander.

Da auch herausgeschnittene Darmstücke noch peristaltische Bewegungen zeigen, so muss die Ursache derselben in der Darmwand liegen. Man hat die grossen Ganglienhaufen (Auerbach'sche, Meissner'sche Plexus) damit in Beziehung gebracht. Doch ist die Peristaltik auch abhängig von Nerven, die von aussen zutreten. Reizung des Vagus vermehrt die Peristaltik, Reizung des Splanchnicus hemmt sie.

Darmsaft.

Der Darmsaft ist das Sekret der tubulösen Darmdrüsen, der Brunner'schen des Duodenums und der Lieberkühn'schen des ganzen Darms; hierzu kommt noch der Schleim der Becherzellen, die sich besonders reichlich im Dickdarm finden.

Die Sekretion des Darmsaftes findet im nüchternen Zustand nicht statt, sie beginnt aber bereits in der ersten Stunde der Verdauung und erreicht mehrere Stunden später ihren Höhepunkt.

Eigenschaften: Der Darmsaft ist eine helle dünne Flüssigkeit, mit gallertigen Klümpchen durchsetzt, stark alkalisch, spec. Gewicht etwa 1,010. Er enthält: in der Hitze gerinnbares Eiweiss, Mucin, anorganische Salze, bes. Natriumcarbonat und Kochsalz.

Wirkung des Darmsaftes: Er enthält wahrscheinlich ein diastatisches Ferment, da er Stärkekleister in Zucker überzuführen vermag, ferner invertiert er Rohrzucker d. h. zerlegt ihn in Trauben- und Fruchtzucker (s. S. 21).

Eine weitere Bedeutung hat der Darmsaft durch seinen hohen Gehalt an Natriumcarbonat, indem er den sauren Chymus des Magens neutralisiert und alkalisiert, und zum andern, indem er mit den durch das Steapsin abgespaltenen Fettsäuren Seifen bildet und so die Emulgierung der Fette unterstützt.

Schliesslich giebt das in ihm enthaltene Mucin eine schützende

Decke für die Darmepithelien und begünstigt die Fortbewegung des Darminhalts.

Der Darm als Resorptionsorgan.

Während in der Mundhöhle keine erhebliche Resorption stattfinden kann, weil die Speisen hier zu kurze Zeit bleiben und auch nicht genügend vorbereitet sind, liegen die Verhältnisse im Magen schon anders. Erstlich verweilen die Speisen hier länger, sodann haben sie bereits die Einwirkung des Mundspeichels und des Magensaftes erlitten. In der That ist auch nachgewiesen, dass Salz- und Zuckerlösungen sogar in beträchtlichem Umfange im Magen resorbiert werden; Alkohol und Gewürze (Senföl, Kochsalz) wirken dabei fördernd.

Die Hauptresorptionsstätte ist indessen der Dünndarm.

Mechanismus der Resorption.

Die Schleimhaut des Dünndarms ist mit den fingerförmigen Zotten besetzt, die so dicht bei einander stehen, dass eine ebene Darmfläche nicht bleibt. Ihre Zahl beim Menschen wird auf etwa 4 Millionen geschätzt. Dadurch findet eine ausserordentliche Vergrösserung der resorbierenden Oberfläche statt.

Die Epithelzellen des Dünndarms tragen an ihrem freien Ende einen Saum, der in senkrechter Richtung von feinen Porencanälchen durchbrochen ist und daher ein stäbchenförmiges Aussehen hat.

Jede Zotte besitzt in ihrer Axe ein Chylus- (oder Lymph-) Gefäss, dass von Blutcapillaren dicht umsponnen ist. Zwischen Blut- und Lymphcapillaren ist eine Schicht glatter Muskelfasern gelegen, die bei ihrer Contraction das Lymphgefäss schnell entleeren und die Zotte verkürzen. Die nachherige Aufrichtung erfolgt durch den Blutstrom, welcher sich in die Arterien ergiesst.

Resorption der diffusiblen Substanzen.

Zwischen dem Darminhalt einerseits und den Blut- und Lymphcapillaren andrerseits kann nun ein Stoffaustausch durch die Schleimhautepithelien und die dünnen Gefässwände nach den Gesetzen der Membrandiffusion (s. S. 57) stattfinden. Auf diese Weise treten die diffusiblen Stoffe des Chymus, wie Wasser, Salze, Zucker, Seifen und Peptone durch die Darmwand in die Capillaren hindurch, um so stärker, je grösser der

Gehalt an diesen Stoffen im Darminhalt ist gegenüber dem Inhalt der Capillaren. Ein Unterschied zu Gunsten des ersteren und daher der Austritt aus dem Darm wird dadurch unterhalten, dass in die Capillaren infolge der Circulation beständig neue, noch nicht in Austausch getretene Flüssigkeit nachströmt.

Resorption der nicht diffusiblen Substanzen.

Die eben erwähnte Art der Resorption kann dagegen nicht zutreffen für die nicht diffusiblen Proteïne (wie Acidalbumin, Alkalialbuminate, genuines Eiweiss), die als solche resorbiert werden, und für die Fette. Hier müssen wir vielmehr noch eine besondere aktive Thätigkeit der Epithelzellen annehmen, die neuerdings experimentell bestätigt ist. Aus dieser zweiten Triebkraft für die Resorption erklären sich auch manche Vorgänge, die den Gesetzen der Membrandiffusion direkt zu widersprechen scheinen.

Wege der Resorption.

Wasser, Salze, Zucker und Eiweiss treten durch die Epithelschicht in die Blutcapillaren über und werden durch das Pfortaderblut abgeführt.

Die Fette dagegen gelangen in die Chylusgefässe der Zotten, damit in die Lymphbahnen des Darmes und weiter in den Ductus thoracicus.

Weitere Schicksale der resorbierten Stoffe.

Die Albumosen und Proteosen werden, da sich solche im Pfortaderblut während und nach der Verdauung nicht nachweisen lassen, vor ihrem Übertritt in die Blutbahn, also im Darmepithel selbst, synthetisch wieder in natives, coagulabeles Eiweiss (in Proteïne) umgewandelt.

Ebenso werden die Spaltungsprodukte der Fette: Fettsäuren, Glycerin, Seifen, da sie in der Lymphe selbst auf der Höhe der Fettverdauung nicht über den normalen Gehalt vermehrt gefunden werden, in den Epithelzellen selbst wieder zu Neutral-Fett aufgebaut. Ja, wenn man nur Seifen verfüttert, findet man dennoch Neutralfett in der Lymphe.

Vom Zucker ist bei der Leber beschrieben, dass er in ihr zu Glycogen umgewandelt wird.

Der Dickdarm.

Im Dickdarm findet ebenfalls noch Resorption statt, vor allem von Wasser, wodurch der Inhalt eingedickt und fest wird.

Gärungsprozesse im Darm.

Je weiter der Speisebrei im Dünndarm nach abwärts rückt, um so mehr treten an die Stelle der Verdauungsvorgänge Gärungs- und Fäulnisprozesse; sie werden durch die mit der Nahrung und der verschluckten Luft eingeführten Bakterien unterhalten. Dabei werden Zerfallsprodukte der Nahrungsstoffe gebildet, die zum Teil den Verdauungsprodukten gleichen, zum Teil von ihnen völlig abweichen.

Aus Eiweiss entstehen Albumosen und Peptone, ferner, wie schon oben erwähnt, Amidosäuren und Ammoniak, aromatische Körper und Gase wie flüchtige Fettsäuren, Kohlensäure, Wasserstoff und Schwefelwasserstoff.

Die Fette zerfallen in ihre Paarlinge: Fettsäuren und Glycerin.

Die Kohlehydrate werden durch saure Gärung in Essigsäure, Milchsäure, Bernsteinsäure übergeführt. Auch die unverdauliche Cellulose wird durch Fäulnis zersetzt, es entstehen dabei flüchtige Fettsäuren, Kohlensäure und Sumpfgas.

Von der in den Darm ergossenen Galle werden die Gallensäuren gespalten, aus der Cholalsäure entsteht Dyslysin; der Gallenfarbstoff, das Bilirubin, wird reduciert zu Urobilin.

Der Kot.

Die unverdauten Residuen der Nahrung und die nicht wieder in den Körper zurückgetretenen Bestandteile der Verdauungssekrete bilden den Kot, die Faeces, die durch den After ausgestossen werden.

Die Consistenz des Kotes ist abhängig von seinem Wassergehalt, der bei reiner Fleischkost am geringsten ist (bis 50 % beträgt). Seine Reaktion ist je nach den Fäulnisprozessen sauer, neutral oder alkalisch; seine Farbe, herrührend vom Urobilin, beim Menschen hell bis dunkelbraun, beim fleischfressenden Hunde pechschwarz, sein Geruch rührt her von Skatol, Indol und ähnlichen aromatischen Körpern.

Er besteht aus unverdauten Nahrungsbestandteilen als Pflanzenresten (Spiralfasern), Stärkekörnern, Muskelprimitivfasern, Sehnengewebe, elastischen Fasern, Nukleïn, Fetttröpfchen, Fettsäurekrystallen, Käseklümpchen, ferner Indol, Skatol, Phenol, Seifen,

den erwähnten Residuen der Galle, Salzen, Schleim, Darmepithelien, und Bakterien.

Mit dem Kot werden auch die Darmgase entleert, die im Wesentlichen aus Kohlensäure, Sumpfgas und Schwefelwasserstoff bestehen.

Verdaulichkeit der Nahrung.

Die Bestandteile des Kotes sind insofern von Bedeutung, als sie uns darüber Aufschluss geben, in welchem Maasse die aufgenommenen Nahrungsstoffe verdaut, ausgenutzt werden. Denn im allgemeinen lässt sich sagen, dass der verdaute Teil der Nahrung = der aufgenommenen Nahrung minus Kot ist.

Es zeigt sich, dass Eiweiss bei reiner Fleischkost bis etwa auf 3%,

Kohlehydrate fast vollständig,

Fette, wenn sie nicht in zu grosser Menge gegeben werden, bis etwa auf 2% ausgenutzt werden.

Ferner wird pflanzliche Kost bedeutend weniger ausgenützt als Fleischkost, was einmal an der schwereren Zugänglichkeit der von Cellulosehüllen umschlossenen Nahrungsstoffe liegt, zweitens daran, dass die Cellulose die Peristaltik anregt und die Vegetabilien daher zu schnell den Darm passieren.

Kotentleerung.

Gewöhnlich reichen die Faeces nur bis zum unteren Ende des S romanum, der Mastdarm ist in der Ruhe leer, der Anus wird durch den M. sphincter int. und externus, verschlossen.

In 24 Stunden erfolgt 1—2 mal eine Kotentleerung, Defaecation. Dabei rücken die Faeces zunächst in das Rectum hinab und veranlassen auf reflektorischem Wege eine Contraction der Sphincteren (Centripetale und centrifugale Bahn im Nn. hypogastrici und Nn. erigentes, Centrum: Lumbalteil des Rückenmarks). Diese Contraction der Sphincteren wird empfunden als Stuhldrang, Tenesmus.

Soll nun der Kot willkürlich entleert werden, so wird zuerst die Contraction der Sphincteren willkürlich (vom Gehirn aus) gehemmt, sodann wird die Bauchpresse (s. S. 77) in Thätigkeit versetzt. Hierzu kommen die peristaltischen Bewegungen des Mastdarms. Der Levator ani streift gewissermassen den After durch seine Contraction über die nach unten tretende Kotsäule empor.

---

17. Harn und Schweiss.

A. Harn.

Bedeutung des Harns.

Die Sekretion des Harns dient zur Ausscheidung

1. der überschüssigen Mengen des aufgenommenen Wassers und der Salze,

2. gewisser Stoffwechselprodukte des Organismus, vor allem der beim Abbau des Eiweiss auftretenden Körper,

3. schliesslich von Stoffen, die gelegentlich dem Körper einverleibt werden und zur Resorption gelangen, entweder unverändert oder, nachdem sie Umsetzungen erfahren haben.

Eigenschaften des Harns.

Der Harn, das Sekret der Nieren, ist beim Menschen, eine klare, gelbe, je nach der Concentration heller oder dunkler erscheinende Flüssigkeit. Ein concentrierter Harn heisst „hochgestellt", erscheint rotbraun.

Das spec. Gewicht des Harns beträgt 1,005—1,030, im Mittel 1,015. Je concentrierter, je dunkler der Harn ist, um so höher ist sein spec. Gewicht; nur beim Diabetes mellitus ist der Harn sehr hell und hat doch ein hohes spec. Gewicht: 1,030—1,050.

Der Harn hat bitterlich salzigen Geschmack, aromatischen Geruch, der in der Kälte verschwindet, in der Wärme wiederkehrt, und schwache, aber deutlich saure Reaktion.

In 24 Stunden werden vom Erwachsenen etwa $1^1/_2$ Liter ausgeschieden.

Bei reichlicher Wasserzufuhr steigt, bei Wasserenthaltung sinkt die ausgeschiedene Menge. Verringert wird sie auch, wenn auf anderem Wege durch starkes Schwitzen oder durch mässige Darmentleerungen (profuse Diarrhoeen, Cholera) starke Wasserabgabe stattfindet.

Saure Reaction = [illegible]

Seine Temperatur ist die des kleinen Beckens, etwa 39°; sie steigt bei starker Muskelthätigkeit.

Der Harn enthält einige morphologische Bestandteile, welche sich beim Stehenlassen als Wölkchen (nubecula) niederschlagen; sie bestehen aus abgestossenen Epithelzellen der Harnwege, Schleimkörperchen, auch Samenfäden und Schleim.

Chemie des Harns. Physiologische Bestandteile.

Der Harn besteht aus Wasser etwa 96% und festen Bestandteilen etwa 4%. Letztere teilt man ein in physiologische, pathologische und adventitielle. Wir betrachten zunächst die physiologischen Bestandteile.

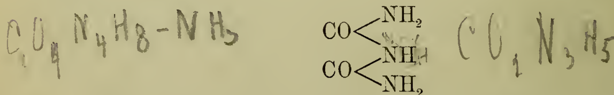
Dieselben sind zu etwa $^2/_3$ organischer, zu etwa $^1/_3$ anorganischer Natur. Der wichtigste der organischen Bestandteile ist

1. **der Harnstoff**, Urea, $\overset{+}{U}$, Carbamid, ist das Bi-amid der Kohlensäure $CO<^{NH_2}_{NH_2}$.

Man gewinnt ihn, indem man Harn eindampft und mit Salpetersäure versetzt, es scheiden sich dann Krystalle von salpetersaurem Harnstoff aus.

Reiner Harnstoff krystallisiert in farblosen Nadeln oder Prismen, schmeckt bitterlich kühlend wie Salpeter, ist hygroskopisch, löst sich in Wasser, Alkohol, nicht in Äther; die Lösungen reagieren neutral.

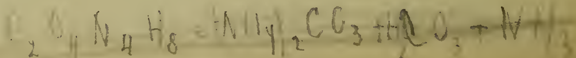
Beim Erhitzen giebt der Harnstoff Ammoniak ab und es entsteht Biuret:



$$\begin{matrix} CO<^{NH_2}_{NH} \\ CO<^{NH}_{NH_2} \end{matrix}$$

Biuret giebt mit Kupfersulfat und Kalilauge Rotfärbung (Biuretreaktion).

Beim Erhitzen mit Mineralsäuren und Alkalien, ferner unter der Einwirkung gewisser Bakterien (bei der alkalischen Harngärung) wird der Harnstoff verwandelt in Ammoniumkarbonat $(NH_4)_2\ CO_3$, weiterhin in Kohlensäure und Ammoniak. Tritt dies schon in der Blase ein, so wird sie davon angeätzt. Der Harnstoff verbindet sich als Basis mit Säuren und als Säure mit



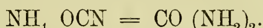
Basen und mit Salzen. Die wichtigsten dieser Verbindungen sind:

α) Salpetersaurer Harnstoff, glänzende Plättchen; man gewinnt daraus durch Hinzufügen von Baryumhydroxyd reinen Harnstoff (und salpetersaures Baryum).

β) Oxalsaurer Harnstoff und Chlornatriumharnstoff.

γ) Mercurinitratharnstoff entsteht als weisser Niederschlag, wenn zu Harnstofflösung salpetersaures Quecksilberoxyd in Lösung zugesetzt wird.

Der Harnstoff hat insofern besonderes Interesse, als er der erste organische Körper ist, der im Laboratorium synthetisch dargestellt worden ist. Wöhler (1828) zeigte, dass Ammoniumcyanat durch einfaches Erhitzen in Harnstoff übergeht:



$$NH_4\ OCN = CO\ (NH_2)_2.$$

Seitdem sind noch mehrere andere Methoden gefunden worden, ihn aus anorganischen Verbindungen darzustellen.

Die Bedeutung des Harnstoffs beruht darauf, dass es die letzte Stufe ist, bis zu welcher der Abbau der Eiweisskörper im Organismus fortschreitet, und die als solche ausgeschieden wird. „Er ist ein Kunstgriff der Natur, Ammoniak unschädlich aus dem Körper zu entfernen".

Er ist diejenige Verbindung, die im Verhältnis zu ihrem C-Gehalt den grössten N-Gehalt (46%) besitzt.

Daher ist die Grösse seiner Ausscheidung ein Maass für den Eiweisszerfall im Körper. Diese Grösse festzustellen, „für die quantitative Bestimmung des Harnstoffes" dienen folgende Methoden:

I. Liebig's Titrirmethode: Man tropft in eine Harnstofflösung so lange Mercurinitrat, bis sich kein weisser Niederschlag mehr bildet; dann ist aller $\overset{+}{U}$ gebunden.

II. Hüfner's Methode: Unterbromigsaures Natron zersetzt Harnstoff in Stickstoff, Kohlensäure und Wasser. Die Menge des gebildeten Stickstoffs wird gemessen.

III. Methode von Bunsen: Harnstoff, mit Ätzkalk erhitzt, } giebt seinen Stickstoff vollständig in Form von

IV. Methode von Heintz: Harnstoff, mit conc. Schwefelsäure erhitzt, } Ammoniak ab. Die Menge des Ammoniaks wird bestimmt.

In 24 Stunden werden vom Erwachsenen etwa 35 gr Harnstoff ausgeschieden.

Eiweissreiche Nahrung vermehrt, eiweissarme vermindert die Harnstoffausscheidung. Es zeigt sich auch hierbei eine tägliche Periode (wie Atem-, Pulsfrequenz u. s. w.), die ihren höchsten Wert einige Zeit nach der Hauptmahlzeit erreicht.

Der Harnstoff entsteht nicht blos als einfaches Abspaltungsprodukt aus dem Eiweiss, sondern er wird auch zum nicht geringen Teil synthetisch aus Ammoniaksalzen des Eiweissstoffwechsels aufgebaut. Der Ort dieser Synthese ist die Leber (s. dort).

2. **Harnsäure,** $C_5 H_4 N_4 O_3$, Acidum uricum, $\overline{U}$, kommt in viel geringerer Menge vor.

Sie bildet ein weisses krystallinisches Pulver und wird aus dem Harn ausgeschieden in Wetzstein- und Fassform; ist sehr schwer in kaltem, etwas leichter in warmem Wasser löslich, in Alkohol und Äther unlöslich. Als zweibasische Säure bildet sie neutrale und saure Salze, jene sind in Wasser löslicher als diese. Im sauren Harn findet sie sich als saures, harnsaures Natron. Sie lässt sich selbst in Spuren nachweisen durch die Murexidprobe: Harnsäure mit Salpetersäure zur Trockne eingedampft giebt mit Ammoniak eine prachtvolle purpurrote Färbung, mit Kali- oder Natronlauge eine schöne tiefblaue Färbung.

Die sauren harnsauren Salze lösen sich in heissem Wasser viel leichter als in kaltem; beim Abkühlen heisser Lösungen fallen sie daher aus, es bilden sich Sedimente. Sie lösen sich in Säuren wenig, in Alkalien reichlich. Führt man Harnsäure in den Körper ein, so erscheint sie zumeist als Harnstoff im Harn, man kann die Harnsäure daher als eine Vorstufe des Harnstoffs ansehen.

In 24 Stunden scheidet der Erwachsene etwa $^1/_2$ g Harnsäure aus.

3. Die **Xanthin-** oder **Nukleïnbasen,** schliessen sich in ihrer Zusammensetzung der Harnsäure an, werden auch als Vorstufe derselben betrachtet, sie rühren wahrscheinlich grossenteils von der Zersetzung des Nukleïns im Körper her. Es sind: Xanthin, Hypoxanthin, Adenin, Guanin (s. S. 19).

4. **Kreatinin** findet sich regelmässig im Harn. Rührt wahrscheinlich vom Kreatin (= Kreatinin + $H_2 O$) der Muskeln her.

5. **Hippursäure** ebenfalls nur in geringer Menge (s. u.).

6. **Oxalsäure**, $C_2 H_2 O_4$, N-freier organischer Bestandteil.

Sie findet sich als Calciumoxalat, in Lösung gehalten durch das saure phosphorsaure Kali des Harns. Sobald der Harn neutral wird, fällt das Calciumoxalat aus und bildet kleine glänzende Krystalle in Briefumschlagform. Geschieht dies schon in den Nieren oder Harnwegen, so entstehen die gefährlichen Maulbeersteine.[1])

7. **Aromatische Körper:** Phenol, Kresol, Indol.

Sie entstehen bei der Eiweissfäulnis im Darm, gelangen bei der Resorption ins Blut und werden mit Schwefelsäure gepaart als „aromatische Ätherschwefelsäuren" ausgeschieden.

8. **Harnfarbstoffe**, von ihnen ist bis jetzt nur Urobilin (s. Galle) bekannt.

9. **Anorganische Salze**, sie betragen etwa $^1/_3$ der gesamten festen Stoffe.

Chlornatrium ist das wichtigste von allen, in 24 Stunden werden etwa 15 g ausgeschieden, die wieder ersetzt werden müssen (Salzhunger s. S. 128).

Chlorkalium in geringer Menge.

Phosphorsäure, gebunden grössten Teils an Kalium, als saures phosphorsaures Kalium; daneben auch als Calcium- und Magnesiumsalz. Der Phosphor wurde überhaupt zuerst im Harn entdeckt (1669 durch Brand).

Schwefelsäure, aus dem Schwefel des zerfallenen Eiweisses stammend, kommt zum Teil an Alkali, Ammoniak, gebunden vor, zum Teil mit Benzolderivaten gepaart s. o.

Schliesslich finden sich auch Ammonsalze und Spuren von Eisen.

Die saure Reaktion des Harnes wird hauptsächlich durch das saure phosphorsaure Kalium bedingt; ein anderer Teil des Kalium ist an Harnsäure gebunden als saures harnsaures Kalium.

10. **Von Gasen** finden sich hauptsächlich Kohlensäure, in Spuren Sauerstoff nnd Stickstoff.

---

[1]) Calciumoxalat und harnsaure Salze geben Veranlassung zur Bildung von Concrementen in den Harnwegen. Dabei ist wichtig, dass im sauer gemachten Harn Calciumoxalat sich löst, im alkalisch gemachten Harn die harnsauren Salze.

Einfluss der Nahrung auf den Harn.

Der Harn der Omnivoren, zu denen der Mensch gehört, ist der eben beschriebene.

Der Harn der Carnivoren kommt dem des Menschen am nächsten. Er ist, frisch entleert, klar, stark sauer, gelb bis gelbbraun, enthält viel Harnstoff, wenig Harnsäure, wenig Hippursäure.

Der Harn der Herbivoren unterscheidet sich wesentlich davon. Er ist trüb, schmutzig gelb, meist von alkalischer Reaktion und von unangenehmem Geruch. Er enthält Harnstoff und Hippursäure, Harnsäure nur in Spuren, reichlich aromatische Körper, viel Alkali und Erdkarbonate (braust deswegen mit Säuren auf), wenig Phosphate.

Die Hippursäure, am reichlichsten im Pferdeharn, ist wesentlich von der Art der Nahrung abhängig, bei reiner Fleischkost ist sie nur wenig, bei reiner Pflanzenkost (bes. Gras, Heu) reichlich vorhanden.

Sie entsteht dadurch, dass sich im Körper die mit der Pflanzen-Nahrung aufgenommene Benzoësäure mit Glycocoll paart, und unter Abspaltung von Wasser Hippursäure bildet. Dies lässt sich direkt dadurch beweisen, dass, wenn man Nitrobenzoësäure in den Körper einführt, Nitrohippursäure im Harn erscheint. Das zur Paarung nötige Glycocoll stammt her aus dem Zerfall der Gallensäuren (s. dort). Die Hippursäure bei den Carnivoren stammt daher, dass bei der Eiweissfäulnis Phenylpropionsäure sich bildet, sie wird resorbiert und zu Benzoësäure oxydiert, diese mit Glycocoll gepaart.

Lässt man Herbivoren hungern, so zehren sie von ihren Geweben, man macht sie zu Carnivoren, daher zeigt auch ihr Harn die Eigenschaften des der Carnivoren. Füttert man Omnivoren (Mensch) nur mit Obst, so zeigen sie einen den Herbivoren ähnlichen Harn.

Bei Reptilien und Vögeln ist der Harn breiartig, weiss. Er enthält hauptsächlich Harnsäure, die bei diesen Tieren die Stelle des Harnstoffs vertritt.

Zersetzungen des Harns.

Aus dem frischgelassenen Harn des Menschen setzt sich die schon erwähnte Nubecula ab. In dem Maasse, wie der concentrierte, stark saure Harn abkühlt, fallen aus ihm harnsaures Natron und

Kali aus, die in kaltem Wasser viel weniger löslich sind als in warmem. Es sind feine amorphe Körnchen von ziegelroter Farbe (Sedimentum lateritium). Daneben scheiden sich auch Harnsäurekrystalle in „Wetzstein-" oder „Fassform" ab. Geschieht dies schon in den Harnwegen, so kommt es zur Bildung von Concrementen, „Harngries".

Die Ausscheidung der harnsauren Salze wird begünstigt durch die bisweilen auftretende „Nachsäuerung oder saure Gärung des Harns", eine Milch- und Buttersäuregärung, die eine Zunahme der Acidität bewirkt. Und je saurer die Flüssigkeit ist, um so weniger lösen sich harnsaure Salze darin.

Weiterhin aber verschwindet die saure Reaktion des Harnes, er wird neutral, nach einigen Tagen sogar stark alkalisch. Es ist die „alkalische Harngärung" eingetreten. Sie wird bewirkt durch den Bacillus und Micrococcus ureae, die aus der Luft hineingelangen. Denn, wird Harn steril aufgefangen und verwahrt, so tritt die alkalische Gärung nicht ein. Die vorher ausgefallenen Sedimente von Harnsäure und harnsauren Salzen lösen sich jetzt, dafür treten andere Sedimente auf: Phosphorsaure Ammoniakmagnesia in „Sargdeckelform", harnsaures Ammoniak in „Stechapfel- und Morgensternform" und phosphorsaure Erden.

Pathologische Harnbestandteile.

Solche sind:

1. Traubenzucker, daneben Aceton, Oxybuttersäure und Acetessigsäure, im Diabetes;
2. Eiweiss, Albuminurie, bei Nierentzündungen;
3. Gallenbestandteile, Cholurie bei Ikterus;
4. Blut, d. h. rote Blutkörperchen, Hämaturie bei Blutungen in den ableitenden Harnwegen;
5. Hämoglobin, Hämoglobinurie; und andere.

Adventitielle Harnbestandteile.

Stoffe, die in den Körper gelegentlich mit der Nahrung oder als Arzneimittel eingeführt werden, scheiden bald schneller, bald langsamer wieder durch den Harn aus, meist nicht ohne wichtige Umsetzungen erfahren zu haben.

Die löslichen Salze der Alkalien und Metalle scheiden als solche aus.

Organische Säuren dagegen werden als kohlensaure Salze ausgeschieden. Durch Einführung pflanzensaurer Alkalien kann man Carnivoren- und Omnivorenharn alkalisch machen.

Gerbsäure erscheint als Gallussäure wieder.

Benzoësäure, wie erwähnt, und ihre Substitutionsprodukte, Nitro-Oxybenzoësäure, ferner Chinasäure, Zimmtsäure erscheinen als Hippursäure.

Nach Aufnahme von Terpentin, sogar schon durch blosses Einatmen, riecht der Harn veilchenartig; nach Genuss von Spargel widrig nach Methylmercaptan CH_3-HS.

Ebenso erscheinen Farbstoffe (Krapp, Blauholz) und Riechstoffe (Baldrian, Knoblauch) im Harn wieder.

Mechanismus der Harnsekretion.

Der Harn ist das Sekret der Nierendrüse; die Ausscheidung findet in den Malpighi'schen Körperchen und den Harnkanälchen, besonders den gewundenen, statt.

Das Blut strömt aus der Aorta direkt in die zur Grösse der Nieren verhältnismässig weiten Nierenarterien ein. Dadurch wird eine grosse Blutmenge fast unter dem vollen Herzdruck durch die Nieren getrieben. In den Glomeruli löst sich das Vas afferens in einen dichten Knäuel auf, infolge der daraus resultierenden Querschnittszunahme findet eine Verlangsamung des Blutstromes statt. Wegen des durch die Gefässverästelung gesetzten ausserordentlichen Widerstandes setzt sich fast der ganze Blutdruck in Seitendruck um. Das Vas efferens ist erheblich enger als das Vas afferens und wirkt dadurch ebenfalls stauend auf den Blutstrom in dem Glomerulus.

Durch alles dies kommt in den Malpighi'schen Körperchen eine Filtration unter ziemlich hohem Druck aus dem Blut zu stande; ihr Resultat ist der Durchtritt von Wasser und von im Blut gelösten Salzen, die einen Teil der Harnsalze (Kochsalze u. a.) ausmachen.

Der andere Teil der Harnsalze (Kochsalz, Sulfate, Phosphate) und die specifischen Harnbestandteile (Harnstoff, Harnsäure, Hippursäure) werden durch die besondere Thätigkeit des secernierenden Epithels, der Harnkanälchenepithelien, besonders der Tubuli contorti, abgeschieden. Und da diese Stoffe

nur in gelöstem Zustand abgegeben werden können, muss zugleich von diesen Epithelien auch Wasser ausgeschieden werden.

Für die specifische Thätigkeit der Epithelzellen kann man einen direkten Beweis dadurch erbringen, dass man eine blaue Farblösung von indigschwefelsaurem Natron einem Hund ins Blut injiciert. Sobald der Harn blau erscheint, ist die Farblösung aus dem Blut in den Harn übergetreten. Untersucht man zu dieser Zeit die Niere, so findet sich der blaue Farbstoff weder in der Müller'schen Kapsel noch in den Glomeruli, sondern erst in den gewundenen Kanälchen und weiter abwärts, und zwar kann der Austritt des Farbstoffs hier direkt an der Färbung der Epithelien erkannt werden.

Auf dem weiteren Wege durch die Harnkanälchen wird dann das Sekret durch Wasserentziehung wieder eingedickt.

Damit aber die Drüsenzellen, die Epithelien, ihre Funktion ausüben können, müssen sie einmal genügend mit Sauerstoff versehen werden, was nur möglich ist, wenn eine genügende Menge Blut mit genügender Stromgeschwindigkeit durch die Nieren fliesst. Ferner müssen die Zellen durch die „harnfähigen Stoffe" zu ihrer Thätigkeit angeregt werden, d. s. die Stoffe, die normaler Weise durch den Harn ausgeschieden werden (Harnstoff, harnsaure Salze, Chloride u. a.).

Die meisten der im Harn ausgeschiedenen Körper werden nicht erst in der Niere gebildet, vielmehr werden sie, wie Harnstoff, Harnsäure u. a. den Nieren schon durch das Blut zugeführt. Nur die Hippursäure (und vielleicht die Harnfarbstoffe) entstehen im Nierenparenchym selbst.

Wie auch bei anderen Drüsen erscheint bei sehr lebhafter Nierenabsonderung das Blut in den Venen hellrot. Das geschieht insbesondere nach Eingabe von harntreibenden Stoffen (Diuretica), welche die Geschwindigkeit der Blutströmung ausserordentlich erhöhen. Die wesentliche Bedeutung der Diuretica liegt freilich in einer specifischen Wirkung auf die Epithelien.

Harnentleerung.

Der aus den Harnkanälchen abfliessende Harn sammelt sich in den Nierenbecken und gelangt durch rhythmische peristaltische Bewegungen des Ureters in die Blase.

Die Blase wird verschlossen durch den Tonus des Sphincter

vesicae. Der Detrusor vesicae bewirkt durch seine Contraction die Entleerung der Blase; ihm voraus geht eine Erschlaffung des Sphincter.

Die Innervation dieser Blasenmuskeln geschieht durch die Nn. erigentes und hypogastrici. Das reflektorische Centrum liegt im Lendenmark.

B. Schweiss.

Der Schweiss ist das Sekret der tubulösen Schweissdrüsen; sie sind beim Menschen über die ganze Haut verbreitet. Doch schwitzen gewisse Stellen des Körpers leichter wie Gesicht, besonders Stirn, Vola und Planta des Fusses und Achselhöhle. Manche Tiere schwitzen gar nicht wie Ziegen, Kaninchen, Mäuse; Hunde und Katzen nur an den unbehaarten, dunkel pigmentierten Stellen der Fusssohlen.

Das Volumen aller Schweissdrüsen des menschlichen Körpers zusammen beträgt ca. 80 cbcm = $^1/_3$ Nieren.

Der Schweiss ist eine klare, farblose Flüssigkeit von salzigem Geschmack, eigentümlichem ranzigem Geruch; Reaktion meist sauer, bei längerem Schwitzen neutral oder alkalisch.

Er enthält nur etwa 1% feste Bestandteile, davon Salze, besonders Chlornatrium, organische Bestandteile, Harnstoff und flüchtige Fettsäuren. Von den letzteren rührt die saure Reaktion und der eigentümliche Geruch her.

Die Menge des ausgeschiedenen Schweisses ist sehr verschieden; sie dient der Wärmeregulation (s. dort); dabei besteht ein Zusammenhang zwischen Schweiss und Harnsekretion, sie sind Antagonisten.

Die Schweisssekretion hängt vom Nervensystem ab. Psychische Affekte: Angst, Zorn, erhöhen die Schweisssekretion. Es giebt besondere Schweissnerven, die aus dem Rückenmark kommend im Sympathicus verlaufen und von da in die Extremitätennerven übertreten. Reizung des Ischiadicus bei der Katze bewirkt Schweisssekretion an der Sohlenfläche.

Im Rückenmark sollen Centren für die Schweisssekretion liegen. Ein dominierendes allgemeines Schweisscentrum wird in der Medulla oblongata angenommen.

Anhang.

Die Milch.

Die Milch ist das Sekret der Milchdrüsen. Sie ist eine weisse bis gelblichweisse, vollkommen undurchsichtige, geruchlose Flüssigkeit von süssem Geschmack, schwach alkalischer oder amphoterer Reaktion[1]) und spec. Gewicht 1,026—1,034. Sie stellt eine natürliche Fettemulsion dar, d. h. es ist eine Flüssigkeit, in der feinste Fetttröpfchen, die Milchkügelchen, suspendiert sind. Diese Fettkügelchen fliessen nicht zusammen, werden in Emulsion erhalten dadurch, dass jedes von ihnen mit einer Caseïnhülle umgeben ist. Indem an ihnen das Licht allseitig reflektiert wird, erscheint die ganze Flüssigkeit weiss und undurchsichtig.

Die Sekretion der Milch.

Gegen das Ende der Schwangerschaft vergrössern sich die Milchdrüsen stark; in den letzten Tagen beginnt auch schon die Milchsekretion, aber erst nach der Entbindung tritt eine reichlichere Absonderung, Lactation, ein. Die Dauer der Lactationsperiode beträgt 10—12 Monate und darüber.

Jede Brustdrüse stellt einen Complex von mehreren Milchdrüsen dar; diese gehören zu den acinösen Drüsen, jede von ihnen mündet mit einem sackförmig erweiterten Ausführungsgang auf der Brustwarze.

Jeder Drüsenkörper trägt auf der Membrana propria seiner Alveolen eine einfache Lage polygonaler Drüsenzellen, die im unthätigen Zustande niedrig, flach und hell, im thätigen Zustand vergrössert, hoch und getrübt erscheinen. An dem dem Hohlraum zugewandten Ende geht, wie bei der Speichel-Sekretion, Umwandlung und Abscheidung des Zellenleibes vor sich. Die Milch entsteht also nicht durch Zerfall der fettig umgewandelten Drüsenzellen, sie ist vielmehr ein chemisches Produkt der thätigen Zellen, die dabei als solche erhalten bleiben.

In den ersten Tagen der Sekretion findet man in der Milch die sog. Colostrumkörperchen, grosse runde Körperchen mit Kernen und reichlich mit Fetttröpfchen erfüllt. Vom 5. Tage nach der Geburt an verschwinden sie.

Die Milchsekretion steht unter dem Einfluss des Nerven-

[1]) Rötet blaues Lacmuspapier und bläut rotes.

systems. Bestimmte Sekretionsnerven sind noch nicht bekannt.

Durch den Reiz des Saugens wird die Sekretion lange Zeit unterhalten. Findet eine Entleerung der Milch durch Säugen nicht statt, so hört die Absonderung allmählich auf. Während der Lactationsperiode bleibt die Menstruation aus, sie tritt nach Beendigung derselben wieder ein.

Psychische Erregungen können die Sekretion versiegen lassen oder auch die Qualität der Milch ändern.

Die Zusammensetzung der Milch.

Die Frauenmilch enthält 90% Wasser (die Kuhmilch 87%) und 10% (bez. 13%) feste Bestandteile: organische (Eiweiss, Fett und Kohlehydrate) und anorganische.

1. Eiweisskörper.

Es sind das phosphorhaltige Caseïn, ein Nukleoalbumin; unter Einwirkung des Labs entsteht daraus der Käse (S. 16). Ferner in geringer Menge Globulin und Albumin.

2. Kohlehydrate.

Sie werden repräsentiert durch den Milchzucker (S. 21). Beim Stehenlassen der Milch geht er durch Gärung in Milchsäure über. Dadurch wird die Milch sauer, und es fällt das nur durch die alkalischen Salze der Milch in Lösung gehaltene Caseïn aus, die Milch gerinnt. Es hat sich ein festes Gerinsel gebildet, das im Wesentlichen aus Caseïn + Fett besteht, und darüber ist eine wässerige leicht opalisierende Flüssigkeit ausgepresst, das Milchserum oder die Molken, das die übrigen Bestandteile der Milch enthält.

3. Fette.

Sie sind in Form feinster Tröpfchen[1]) in Emulsion enthalten. Sie bilden ein Gemenge von Olein, Stearin, Palmitin; ausserdem finden sich darin die Triglyceride einiger niedriger Fettsäuren (S. 22). Sie sind wie die meisten tierischen Fette von Cholestearin und Lecithin begleitet.

Beim Stehenlassen der Milch steigen die specifisch leichteren Fettkügelchen sehr bald nach oben und bilden eine gelbliche Schicht, den Rahm. Die Milch, die nach dem Abnehmen des Rahms zurückbleibt, heisst Buttermilch. Um die Fette mög-

---

[1]) Die Fetttröpfchen der Frauenmilch haben einen Durchmesser von 0,002—0,005 Mm. Selbst die feinsten dieser Fetttröpfchen sind noch erheblich grösser als die staubförmig feinen Fetttröpfchen des Chylus.

lichst vollständig zu erhalten, wird die Milch centrifugiert.

Werden die so gewonnenen Fette mechanisch bearbeitet, geschlagen, so zerreisst die die einzelnen Fettkügelchen umgebende Caseïnhülle, die Fette fliessen zusammen und geben die Butter.

4. Anorganische Salze.

Es sind hauptsächlich Kaliumphosphat und Calciumphosphat, ferner Chlorkalium, Chlornatrium, geringe Mengen von Magnesiumphosphat und Spuren von Eisen.

Schliesslich enthält die Milch noch Kohlensäure.

Einfluss der Nahrung auf die Milchsekretion.

Steigerung der Eiweisszufuhr wirkt günstig auf den Gehalt der Milch an ihren wesentlichen Bestandteilen, vor allem aber wird der Fettgehalt gesteigert.

Steigerung der Fettzufuhr erhöht den Fettgehalt der Milch nicht.

Die Kohlehydrate haben keinen Einfluss auf die Menge des Milchzuckers.

Eingeführte Arzneimittel können in die Milch übergehen, so Jod, Eisen, Blei, Opium.

Menge der Milch.

Frauen secernieren 1—1$^1/_3$ Liter pro Tag (der höchste Ertrag bei Kühen ist 24 Liter). Häufiges Entleeren der Milch steigert die Sekretion.

Die Thränenflüssigkeit.

Die Thränenflüssigkeit ist das Sekret der Thränendrüsen, die ähnlich wie die Parotis gebaut ist. Sie ist eine klare, farblose Flüssigkeit von alkalischer Reaktion, schwach salzigem Geschmack und enthält etwa 1 $^0/_0$ feste Bestandteile: Albumin und Schleim, Spuren von Fett, hauptsächlich anorganische Salze (Kochsalz).

Die Sekretion findet beständig statt, doch kann sie durch psychische Affekte (Weinen) und reflektorisch (Reizung der Conjunctiva) verstärkt werden.

Die Sekretionsnerven verlaufen im N. lacrymalis vom Trigeminus, im N. subcutaneus malae vom Facialis und im Halssympathicus.

Hauttalg, Sebum,

= Sekret der acinösen Haarbalgdrüsen, macht Haut und Haare geschmeidig.

Bestandteile:

Fette, Seifen, Cholestearin, Wasser, anorganische Salze.

Vernix caseosa (vernix = Schmiere, Pech)

= weissliche Schmiere, die den Körper des neugeborenen Kindes bedeckt = Hauttalg + abgestossene Epithelien.

Ohrenschmalz, Cerumen,

= Sekret der Drüsen des äusseren Gehörganges. Es fettet den äusseren Gehörgang und das Trommelfell ein.

---

18. Specielle Nervenphysiologie.

Einteilung der Nerven.

Während in Bezug auf den Bau bei den verschiedenen Nerven Unterschiede an den Axencylindern nicht gefunden sind, kennt man solche an den zugehörigen Neuronenzellen[1]) sehr wohl (Spinalganglien, Vorderhorn- und Hinterhornzellen im Rückenmark); noch auffälliger sind aber die Verschiedenheiten in den Endigungen.

Ebenso verhalten sich physiologisch die verschiedenen Nervenfasern scheinbar völlig gleich; sie unterscheiden sich aber sehr wesentlich durch ihre Wirkungen, und diese sind abhängig von der Natur des Erfolgsorgans. So bringt jeder überhaupt wirksame Reiz beim motorischen Nerven nur Contraction des zugehörigen Muskels hervor, beim sekretorischen Nerven nur Sekretion, beim sensiblen Nerven nur Empfindung.

Jede Nervenfaser (nicht die Nervenzelle!) ist fähig, nach beiden Richtungen hin zu leiten, hat doppelsinniges Leitungsvermögen (s. Allg. Nervenphysiologie), leitet aber normaler Weise nur in einer Richtung. Danach unterscheidet man:

1. Centripetalleitende Nerven, sensible; leiten vom Endorgan, Sinnesorgan, zu einer Nervenzelle. Ihre Reizung erzeugt einen Vorgang im Centralorgan, eine Empfindung.

2. Centrifugalleitende Nerven, motorische, sekretorische Nerven; leiten von einer Nervenzelle zu einem Endorgan. Ihre Reizung ruft Muskelcontraction, Sekretion hervor.

3. Intercentrale Nerven, d. s. Axencylinder von solchen Neuronen, die nur im Centralorgan verlaufen, also Neuronen II. und höherer Ordnung. Ein Nerv, der Fasern beider Qualitäten (1 und 2) enthält, heisst „gemischter Nerv".

Um den feineren Verlauf eines markhaltigen Nerven kennen zu lernen, wendet man die Degenerationsmethode an. Man durchschneidet den Nerven; das von der zugehörigen Nervenzelle peripherisch gelegene Stück degeneriert, das centrale, mit ihr in

[1]) Der Neurón, die Neurónen von τὸ νεῦρον (wie ὁ ἀμπελὼν der Weinberg von ἡ ἄμπελος der Weinstock).

Zusammenhang gebliebene Stück nicht. Die eingetretene Degeneration lässt sich an der Markscheide durch besondere Färbungsmethoden feststellen.

Um die Funktion eines Nerven kennen zu lernen, durchschneidet man ihn ebenfalls und beobachtet, ob und wo „Lähmung" oder „Anästhesie" sich zeigen, „Ausfallserscheinungen" d. h. Funktionen, die früher vorhanden waren, sind ausgefallen. Oder man reizt den peripherischen, bez. centralen Stumpf des durchschnittenen Nerven und beobachtet den Erfolg (Muskelcontraction vom peripherischen Stumpf, Schmerzäusserung vom centralen Stumpf).

Rückenmarksnerven.

Die Spinalnerven entspringen mit 2 Wurzeln (vordere ventrale, hintere dorsale) aus den beiden Sulci laterales (ant., post.) des Rückenmarks. Beide Wurzeln convergieren alsbald und legen sich aneinander, ohne jedoch zunächst Fasern auszutauschen..

Im Foramen intervertebrale bildet die hintere Wurzel ein Ganglion spinale, welches die Nervenzellen, die trophischen Centra, für die hinteren Fasern enthält.

Jenseits des Ganglion mischen sich die Fasern beider Wurzeln, und aus dem Fasergemisch entspringen 2 Äste, ein vorderer stärkerer und ein hinterer dünnerer, die nach vorn bez. nach hinten verlaufen. Jeder dieser Äste enthält Fasern sowohl aus der vorderen, als auch aus der hinteren Wurzel.

Die vorderen Wurzeln der Rückenmarksnerven sind motorisch, die hinteren Wurzeln sensibel (Gesetz von Charles Bell).

Eine scheinbare Abweichung erfährt dies Gesetz dadurch, dass Fasern von der sensiblen Wurzel nach der Vereinigung beider in die vordere Wurzel centralwärts umbiegen (rückläufige Empfindlichkeit, sensibilité récurrente). Dem Gesetz entsprechend treten auch die vasomotorischen und sekretorischen Nerven durch die vordere Wurzel, die sensiblen Nerven der Muskeln (Muskelgefühl) durch die hinteren.

Bemerkenswert ist ferner, dass die hinteren Wurzeln dicker und ihre einzelnen Fasern feiner sind als die vorderen Wurzeln; daher erhält der Körper mehr sensible Fasern als motorische. Ferner erhält die rechte Körperhälfte mehr motorische, die linke

mehr sensible Fasern (motorische Präponderanz der rechten, sensible Präponderanz der linken Körperhälfte).

In Bezug auf die Verbreitung ist zu bemerken, dass die Mittellinie des Körpers eine scharfe Grenze für die Verbreitung der links- und rechtsseitigen Spinalnerven bildet. Ferner enthält ein Muskel nicht bloss aus einer Wurzel, sondern aus mehreren motorische Fasern. Diese vermischen sich in dem Plexus der peripherischen Nerven und treten erst von da zu einem gemeinsamen Nervenstamm zusammen. Die einen höher gelegenen Teil innervierenden Nerven treten auch aus einem höheren Teil des Rückenmarks.

Gehirnnerven.

I. N. olfactorius.

Er dient der Geruchsempfindung, entspringt aus dem Bulbus olfactorius an dem vorderen Teil der Hirnbasis, welcher der Siebbeinplatte aufliegt, durch deren Löcher seine marklosen Fasern zur Riechschleimhaut der Nase treten. Sie endigen in den Sinnesepithelien daselbst.

Diese, die Riechzellen, bilden die Zellen des ersten Neurons, der sich mit freien Endbäumchen im Bulbus auflöst. Mit ihnen treten in Kontakt die Rindenzellen des Bulbus, die Zellen des zweiten Neurons; sie senden centralwärts einen Nervenfortsatz zur Hirnrinde im Gyrus hippocampi.

II. N. opticus.

Er ist der Sehnerv, tritt als Tractus opticus aus dem Gehirn, bildet mit dem der anderen Seite das Chiasma nervorum opticorum, wo eine teilweise Kreuzung der Fasern beider Seiten stattfindet. Danach läuft er als N. opticus ins Auge, um in der Retina zu endigen.

Durch die Kreuzung im Chiasma wird bewirkt, dass die mediale Hälfte jeder Netzhaut von Fasern aus der entgegengesetzten Seite des Gehirns innerviert wird, die laterale von Fasern aus derselben Seite.

Der Opticus muss schon als Teil des nervösen Centralorgans angesehen werden, nur die Verbindungen zwischen dem percipierenden Endapparat (Stäbchen und Zapfen) und den Ganglienzellen der Retina (s. Gesichtssinn) können als peripherischer Sehnerv bezeichnet werden.

Als subcorticale Centren des Sehnerven sind die vorderen Vierhügel und die lateralen Kniehöcker zu betrachten, hier löst sich auch der Retinal-Neuron in Endbäumchen auf. Von hier aus gehen dann einerseits Stabkranzfasern zur Grosshirnrinde, andrerseits Fasern zu den weiter hinter gelegenen Kernen des Gehirns, bes. den Kernen der Augenmuskelnerven.

III. N. oculomotorius.

Er entspringt mit einem grauen Kern am Boden des vierten Ventrikels, besteht aus etwa 15000 Fasern (!),[1]) nur ein kleiner Teil davon kreuzt sich mit denen der anderen Seite.

Er innerviert alle äusseren Augenmuskeln mit Ausnahme des Rectus ext. und Obliquus sup., ferner Levator palpebrae sup. und den Retractor bulbi.

Er innerviert indirekt die inneren Augenmuskeln, den Sphincter, den Verengerer der Pupille, und den Ciliaris, den Accommodationsmuskel, indem er die Radix brevis zum Ganglion ciliare abgiebt. Das Ganglion ist ein sympathisches Ganglion, darin endigen alle Fasern der Radix brevis des oculomotorius mit freien Endbäumchen und treten in Kontakt mit den Zellen der dort beginnenden sympathischen Neuronen, welche zu den genannten inneren Augenmuskeln ziehen.

Bei Lähmungen des Oculomotorius tritt Herabsinken des oberen Augenlids ein (Ptosis), infolge der Contraction des Abducens Schielen nach aussen, Strabismus divergens, Erweiterung der Pupille (Mydriasis), Unbeweglichkeit auf Lichtreiz und Unfähigkeit, in der Nähe deutlich zu sehen (Accommodationslähmung).

Associationen im Gebiet des Oculomotorius sind: Accommodation auf die Nähe, gleichzeitige Verengerung der Pupille und Convergenz der Augenaxen (Contraction der Mm. recti interni).

Mydriaca sind Mittel, welche die Pupille erweitern durch Lähmung des Verengerer-Apparates (Atropin) oder Reizung des Erweiterer-Apparates.

Miotica sind Mittel, welche die Pupille verengern durch Reizung des Verengerer-Apparates (Physostigmin) oder Lähmung des Erweiterer-Apparates.

IV. N. trochlearis

Er ist der dünnste Hirnnerv, entspringt in der Nähe des vorigen; seine Fasern kreuzen sich mit dem der anderen Seite

[1]) Der N. facialis enthält nur 4000—4500.

vor ihrem Austritt vollständig; er innerviert den M. obliquus sup.

Bei seiner Lähmung tritt Schielen nach aussen und aufwärts ein.

VI. N. abducens.

Auch dieser entspringt am Boden des IV. Ventrikels in der Nähe des vorigen, innerviert den M. Rectus externus.

Bei seiner Lähmung tritt Schielen nach innen, Strabismus convergens, ein.

Diese 3 Augenmuskelnerven (3, 4, 6) sind rein motorisch, erhalten aber in ihrem Verlauf sensible Fasern vom Trigeminus beigemischt.

V. N. trigeminus.

Er ist ein gemischter Nerv; die Zahl der motorischen Fasern, die nur dem III. Ast angehören, ist gering (Kaumuskeln), sein sensibles Gebiet nimmt jedoch den grössten Teil des Kopfes ein, er ersetzt gewissermassen die sensiblen Fasern sämtlicher motorischer Hirnnerven.

Die vordere motorische Wurzel, die Portio minor, entspringt von einem grauen Kern am Boden des vierten Ventrikels.

Die hintere grössere sensible Wurzel, Portio major, entspringt ebenfalls von einem Kern neben dem vorigen, zum grössten Teil aber aus einem Gebiet, das vom Pons bis zu den Hinterhörnern des oberen Halsmarks reicht. Hier endigen die sensiblen Fasern mit freien Endbäumchen, während die zugehörigen Neuronenzellen im Ganglion Gasseri liegen, das also einem Spinalganglion analog ist.

Der Trigeminus enthält:

1. sensible Fasern für die Kopf- und Gesichtshaut der entsprechenden Seite, ebenso für die Dura mater, Augapfel, Nasen- und Mundschleimhaut (bis zum Gaumensegel und zur Zungenwurzel, wo sich seine Fasern mit denen des N. vagus und Glossopharyngeus mischen), Vorderfläche des äusseren Ohrs (die hintere wird von Cervicalnerven versorgt) und äusseren Gehörgang (Trommelfell vom Ramus auricularis N. vagi).

2. motorische Fasern für die Kaumuskeln (Masseter, Temporalis, Pterygoideus ext. und int.), für Mylohyoideus, vorderen Bauch des Digastricus (der hintere wird vom Facialis versorgt), Tensor palati mollis und Tensor tympani.

3. Geschmacksfasern für die vorderen zwei Drittel der

Zunge, sie werden dem N. lingualis (vom 3. Ast) durch die Chorda zugeführt und stammen in letzter Linie aus dem Glossopharyngeus (von diesem zu Gangl. petrosum, Plexus tympanicus, N. petrosus superf. min., Ganglion oticum, Chorda tympani).

4. Sekretorische Fasern für die Thränendrüsen, die vom Facialis stammen, und für die Glandula submaxillaris und sublingualis, die durch die Chorda zugeführt werden, und vom Glossopharyngeus herrühren; schliesslich für die Schweissdrüsen des Gesichts, die vom Sympathicus stammen.

5. Vasomotorische Fasern, die dem Sympathicus zugehören.

Krankhafte Reizung des Trigeminus, Gesichtsneuralgie, Tic douloureux, ist mit heftigsten Gesichtsschmerzen verbunden.

Lähmung des Trigeminus bringt Ausfallserscheinungen hervor, die sich aus Vorstehendem ergeben; ebenso Durchschneidung in der Schädelhöhle. Bei letzterer, am Kaninchen ausgeführt, hatte man wenige Tage danach eine eitrige Entzündung des ganzen Auges (Panophthalmie) eintreten sehen; man schloss daraus, dass der Trigeminus auch „trophische Fasern" enthalte, welche der Ernährung der Gewebe vorstehen. Dies ist unrichtig.

Der Grund der Entzündung ist vielmehr die Unempfindlichkeit des Auges und der infolge dessen ausbleibende reflektorische Lidschluss beim Eindringen von Schädlichkeiten und Fremdkörpern. Beweiss: schützt man das betreffende Auge durch eine vorgesetzte Kautschuckmembran oder durch Vernähen des Lides oder durch Übernähen des gleichseitigen Ohres, so tritt die Entzündung nicht ein.

VII. N. facialis.

Er entspringt aus dem Facialiskern am Boden der Rautengrube. Er ist rein motorisch, versieht die Muskeln des Gesichts, „mimischer Nerv". Je mehr daher bei Tieren die Gesichtsmuskeln und der Gesichtsausdruck zurücktreten, um so dünner wird der Nerv; nur bei solchen, die einen Rüssel haben, ist er sehr stark.

Er enthält motorische Fasern für

1. das Gesicht (M. frontalis, corrugator supercilii, orbicularis oculi), Muskeln der Wange (darunter den buccinator), Levator

alae nasi, daher „Atmungsnerv des Gesichts" genannt, die äusseren Ohrmuskeln, die Muskeln der Ober- und Unterlippe.

2. Platysma myoides, Stylohyoideus, hinterer Bauch des Digastricus.

3. M. Stapedius.

4. Levator palati mollis und Azygos uvulae (durch d. N. petrosus superficialis major vom Ganglion geniculi zum Ganglion sphenopalatinum, von da als N. palatinus post.).

Ferner enthält der Facialis sekretorische Fasern für die Thränendrüse, sowie für die Glandula submaxillaris und sublingualis, diese letzteren stammen aber vom Glossopharyngeus.

Am Gesicht geht er vielfache Anastomosen mit dem Trigeminus ein und erhält dadurch sensible Fasern.

Durchschneidung oder Lähmung des Facialis in der Schädelhöhle bewirkt vollständige Lähmung der gleichseitigen Gesichtshälfte: die Stirn ist faltenlos, das Auge steht offen (Lagophthalmus), die Thränensekretion hört auf, das Nasenloch ist verengt und steht still, wenn vorher Nasenatmung vorhanden war (bei manchen Tieren, beim Menschen in der Dyspnoe s. d.), der Mundwinkel hängt herunter; diese Abweichungen treten noch deutlicher beim Lachen oder Weinen hervor. Ferner Schiefstellung des Gaumensegels mit Abweichung nach der gesunden Seite und Aufhören der Speichelsekretion. Letztere Ausfalls-Erscheinungen treten nicht auf, wenn die Lähmung oder Durchschneidung erst nach dem Austritt des Facialis aus dem Schläfenbein statt hat, was diagnostisch wichtig ist.

VIII. N. acusticus.

Er entspringt mit einem ventralen Kern zwischen Kleinhirnschenkel und Corpus restiforme und einem dorsalen Kern am Boden der Rautengrube. Von beiden ziehen Fasern als Striae acusticae quer zur Raphe, wo sie sich kreuzen.

Er enthält im Ramus cochlearis, welcher die Schnecke versorgt, die Hörnerven.

Der Ramus vestibularis hat durch seine Verbreitung im Utriculus und in den Bogengängen die Funktion, Gleichgewichts- und Bewegungsempfindungen zu vermitteln.

IX. N. glossopharyngeus.

Er entspringt aus einem grauen Kern am Boden der Rautengrube. Er ist vor allem Geschmacks- und Speichelsekretionsnerv.

Er enthält:

1. Geschmacksfasern für den hinteren Teil der Zunge, die direkt dorthin gelangen; ferner für die vorderen zwei Drittel der Zunge, die durch die Chorda im Lingualis hinziehen. Sie kommen vom Ganglion petrosum und treten durch den Plexus tympanicus zum Ganglion geniculi des Facialis, von da durch die Chorda tympani zum Lingualis.

2. Sekretorische Fasern für die Parotis durch den N. Jacobsonii und dessen Fortsetzung, den N. petrosus superficialis minor zum Ganglion oticum, von da als Rami parotidei des N. auriculo-temporalis; für die Glandula submaxillaris und sublingualis durch die Chorda.

3. Sensible Fasern für die Zungenwurzel, die Gaumenbögen, die Tonsillen und die Vorderfläche der Epiglottis und für die Paukenhöhle.

4. Motorische Fasern für den M. Stylopharyngeus und Constrictor pharyngis medius, die aber vielleicht vom Facialis stammen.

X. N. vagus und XI. N. accessorius.

Sie entspringen mit einer Vaguswurzel vom sensiblen Vaguskern am Boden des vierten Ventrikels, oberhalb der Spitze des Calamus scriptorius, und einer Accessoriuswurzel aus dem lateralen Teil der Vorderhörner der Medulla spinalis. Die Vaguswurzel bildet das Ganglion jugulare und enthält centripetale Fasern, die Accessoriuswurzel centrifugale Fasern; sie vereinigen sich zu einem gemeinsamen Stamm, dem N. Vago-Accessorius.

Der hintere Ast des Accessorius enthält motorische Fasern für den Sternocleidomastoideus und die Rückenportion des Cucculraris.

Der Vago-accessorius, aus der Vereinigung des vorderen Astes des Accessorius mit dem Vagus hervorgegangen, ist der längste von allen Hirnnerven; er enthält Fasern für

1. Respirationsapparat

a) motorische für den Kehlkopf (für den M. cricothyroideus im N. laryngeus sup., für sämtliche übrigen Kehlkopfmuskeln im N. laryngeus inf.) und für die Bronchialmuskeln,

b) sensible für Kehlkopf (im Laryngeus sup.), Trachea, Lungen.

2. Circulationsapparat

a) centrifugale, Hemmungsfasern } für das

b) centripetale, N. depressor und sensible Fasern } Herz.

3. Verdauungstractus

a) motorische: für Levator palati mollis, Azygos uvulae, Constrictores faucium, Hyothyreoideus, den Oesophagus, Magen, Dünndarm.

b) sensible für Schlund, Oesophagus, Magen.

Ausserdem giebt er im R. auricularis sensible Fasern für die hintere untere Fläche des Gehörganges und für das Trommelfell ab.

Über die Bedeutung des Vagus für das Herz und die Atmung s. dort.

XII. N. hypoglossus.

Er entspringt aus einem ventralen Kern in der Tiefe am Boden des IV. Ventrikels; die Fasern kreuzen sich mit denen der anderen Seite. Er ist ein rein motorischer Nerv, versorgt sämtliche Zungenmuskeln, einschliesslich des Geniohyoideus. Er ist der Sprechnerv. Der Ramus descendens erhält nur Fasern vom Cervicalnerven, keine aus dem Hypoglossuskern.

Bei einseitiger Lähmung des Hypoglossus, wird die Zunge schief nach der gelähmten Seite herausgestreckt, aber nach der gesunden Seite in die Mundhöhle zurückgezogen.

Sympathisches Nervensystem.

Der Sympathicus empfängt durch die Rami viscerales oder communicantes von gewissen Kopfnerven und von sämtlichen Rückenmarksnerven teils centrifugale, motorische, teils centripetale, sensible, Fasern zugeführt. Man kann daher auch die Rami communicantes die centralen Wurzeln des Sympathicus nennen.

Der Sympathicus enthält:

1. Sensible Fasern; von ihnen ist noch wenig bekannt, sie haben jedenfalls einen sehr grossen Verbreitungsbezirk. Unter normalen Bedingungen haben wir keine deutliche Empfindung von den vom Sympathicus innervierten Organen, sehr heftige aber bei pathologischen Vorgängen (Magen-, Darm-, Ureterenkolik u. a.).

2. Motorische Fasern. Die durch die Rami communicantes eintretenden Kopf- oder Rückenmarksfasern (die präcellulären Fasern) verlaufen so, dass sie in einem Ganglion des Grenzstranges selbst oder in einem seiner peripherischen Ganglien mit freien Endbäumchen endigen und mit den Dendriten einer sym-

pathischen Zelle in Contakt treten. Von dieser Zelle geht dann der sympathische marklose Axencylinder (die postcellulären Fasern) zu den Eingeweiden, ohne noch einmal mit einer Nervenzelle in Kontakt zu treten. Jede Faser eines Kopf- oder Spinalnerven, die zu Eingeweiden geht, thut dies also nicht unmittelbar, sondern tritt nur in Verbindung mit einem sympathischen Neuron, dem eigentlichen Eingeweidenerven. Der sympathische Neuron geht unmittelbar zu den Organen, und zwar entweder auf direktem Wege als sympathischer Nerv, oder indem er sich zu peripherischen Kopf- oder Rückenmarksnerven gesellt und mit ihnen gemeinsam verläuft.

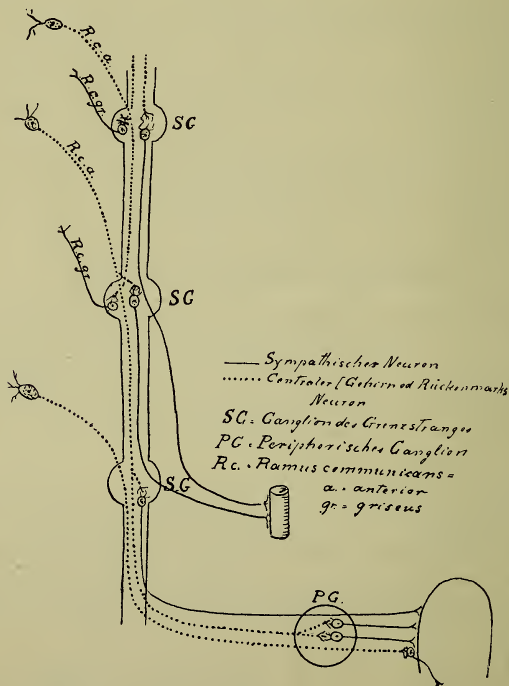


Fig. 15. Schema des Sympathicus.

Diese motorischen Sympathicusfasern versorgen die glatte Muskulatur des ganzen Körpers, so den Dilatator pupillae (die Fasern verlaufen im Halsstrang), die Arrectores pili, die Muskulatur

des Verdauungstractus, der Harn- und Geschlechtswerkzeuge u. a. Hierher gehören auch sämtliche vasomotorische Nerven.

3. Sekretorische Fasern für die Speicheldrüsen und Thränendrüsen (im Halsstrang) und für die Schweissdrüsen, wahrscheinlich auch für die Drüsen des Darmkanals; sie verhalten sich in Bezug auf ihre Anordnung und ihren Verlauf ebenso wie die motorischen Fasern.

4. Herzbeschleunigungsfasern im Hals- und Brustteil.

5. Hemmungsfasern für die Peristaltik in den Splanchnici.

Bekannt ist der Einfluss des Grosshirns auf die vom Sympathicus innervierten Organe. Psychische Prozesse wirken auf Herz und Gefässe, Darm, Geschlechtsorgane in ihrer Thätigkeit sowohl anregend wie hemmend.

---

19. Reflexbewegungen.

Mechanismus der Reflexbewegungen.

Unter Reflexbewegungen versteht man Bewegungen, die ohne Zuthun des Willens zu Stande kommen dadurch, dass die infolge eines Reizes in sensiblen Fasern entstandene Erregung auf motorische Fasern durch Vermittlung eines Centralorgans ohne gleichzeitige psychische Begleiterscheinung übertragen wird.

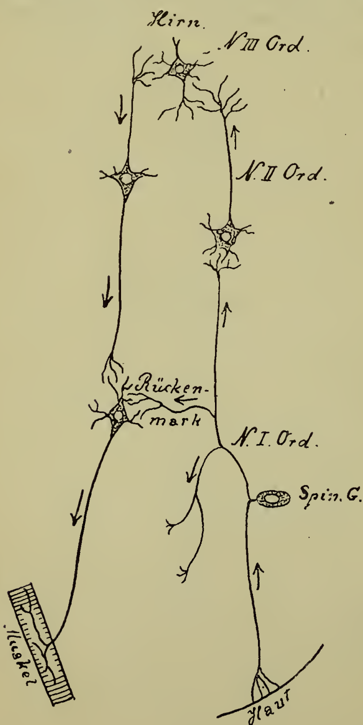


Fig. 16. Reflexschema.

Zum Zustandekommen einer Reflexbewegung gehört also:

1. der erregende Reiz,
2. die centripetalleitende, sensible Faser,
3. das übertragende Centralorgan,
4. die centrifugalleitende, motorische Faser,
5. der in Bewegung gesetzte Muskel.

2 + 3 + 4 nennt man den Reflexbogen. Im einfachsten Falle besteht derselbe aus einem sensiblen Nerven, dessen Endbäumchen oder dessen Collateralen sich direkt an die Zelle des Muskelneurons legen. Doch können sich in complicierten Fällen zwischen den gereizten sen-

siblen und den Muskel-Nerven noch andere Nerven dazwischenschieben.

Das übertragende Centralorgan können peripherische Ganglien, das Rückenmark und das Gehirn sein. Bei den meisten Reflexbewegungen findet die Übertragung im Rückenmark statt; der Abschnitt desselben, wo dies geschieht, nennt man das Centrum für die entsprechende Bewegung.

Um die Reflexbewegungen zu studieren, stellt man sich ein „Reflexpräparat" her, indem man einen Frosch enthirnt oder ihm das Rückenmark durch einen Schnitt vom Gehirn trennt.

Ein enthirnter Frosch zieht die Beine in Sprungsstellung an und verharrt darin, solange er nicht berührt wird. Appliciert man ihm verschiedene (mechanische, chemische, thermische) Reize, so reagiert er darauf in völlig zweckmässiger Weise; gegen die kneifende Pincette stemmt er sich mit den Hinterbeinen, aufgebrachte Säure wischt er ab mit dem Bein derselben Seite; wird dies festgehalten, mit dem Bein der anderen Seite. Er verhält sich ganz ähnlich wie ein schlafender Mensch.

Wegen der Zweckmässigkeit dieser Bewegungen eine Rückenmarkseele annehmen wollen, heisst nur im Rückenmark wieder einen Menschen annehmen, der alle Bewegungen durchdenkt und leitet. Die Seele ist überhaupt kein räumliches Ding, kann also keinen Sitz haben.

Reflexzeit.

Die Übertragung des Reizes im Centrum von der sensiblen Bahn auf die motorische bedarf einer messbaren Zeit, „Reflexzeit". Sie ist mehr als 10 mal grösser, als wenn die Nervenbahn ununterbrochen in einander überginge. Sie beträgt etwa $^1/_{20}$ Sekunde.

Ausbreitung der Reflexe.

Für die Ausbreitung der Reflexbewegungen haben sich folgende Regeln ergeben:

1. Treten bei schwachen sensiblen Reizen nur einseitige Reflexbewegungen auf, so geschieht die Bewegung auf der Seite der Reizung.

2. Erstreckt sich bei stärkeren Reizen die Bewegung auch auf die andere Seite, so treten dort nur dieselben Muskeln in Thätigkeit, die auf der gereizten Seite schon thätig sind.

3. Sind die Bewegungen verschieden stark, so finden die stärkeren Bewegungen auf der gereizten Seite statt.

4. Wird irgend ein Punkt der Haut gereizt, so treten zunächst solche Muskeln in Aktion, deren Nerven im Rückenmark in gleicher Höhe mit dem gereizten sensiblen Nerven ihren Ursprung haben. Breitet sich die Erregung weiter aus, so nimmt sie ihren Weg zunächst nach oben; es treten folgweise die Muskeln in Thätigkeit, deren Nerven näher dem verlängerten Mark entspringen. Erst danach breitet sich die Erregung im Rückenmark von der zuerst erregten Stelle nach abwärts aus.

Nach dem Grade der Ausbreitung kann man die Reflexbewegungen unterscheiden in:

1. partielle, bei denen die Erregung eines sensiblen Bezirks die Bewegung eines oder einiger Muskeln zur Folge hat (Patellarsehnenreflex),

2. ausgebreitete, bei denen auf einen sensiblen Reiz ganze Muskelgruppen in Thätigkeit treten.

a) Sind dies functionell coordinierte Gruppen, so entstehen dabei Bewegungen, die den Anschein der gewollten Zweckmässigkeit haben (s. o. enthirnter Frosch), dann spricht man von geordneten Reflexbewegungen.

b) Dem gegenüber erscheinen die ungeordneten Reflexbewegungen oder Reflexkrämpfe als Zuckungen verschiedenster Muskelgruppen oder sogar des ganzen Körpers. Sie treten auf sehr starke sensible Reize ein oder in pathologischen Fällen (s. u.).

Der Grad der Reflexerregbarkeit.

1. Durch Reizung der Hautenden von centripetalen Nerven werden Reflexe leichter ausgelöst als durch Reizung des Nervenstammes selbst.

2. Ganz schwache Reize, die einzeln unwirksam sind, können bei häufiger Aufeinanderfolge Reflexbewegungen auslösen. Es findet also im Rückenmark eine Summation auf einander folgender sensibler Reize statt, und zwar reichen schon 3 Reize in der Sekunde aus. Die kräftigste Wirkung wird durch 16 Reize in der Sekunde erzielt. Darüber hinaus findet eine Steigerung der Wirkung nicht statt.

3. Die Reflexerregbarkeit ist abhängig vom Alter (im Kindes-

alter grösser), Geschlecht, Tierspecies, Temperatur (bei Kaltblütern nimmt sie mit Temperaturerniedrigung ab).

4. Die Reflexerregbarkeit wird erhöht durch gewisse Gifte: Strychnin, Tetanusgift.

5. Sie wird herabgesetzt
   a) vom Gehirn aus, durch den Willen: Reflexbewegungen, die durch sog. willkürliche Muskeln zu Stande kommen, können unterdrückt werden.
   b) Es giebt besondere Reflexhemmungsmechanismen (in den Vierhügeln und im verlängerten Mark), die unabhängig vom Willen thätig sind.
   c) Im Zustand der Apnoe.
   d) Durch gewisse Gifte: Chloroform, Morphium, Alkohol.

Da das Gehirn sowohl willkürlich als auch unwillkürlich durch die eben erwähnten Hemmungsmechanismen hemmend auf die Reflexe wirkt, so zeigen enthirnte Tiere oder im Rückenmark durchschnittene Tiere unterhalb der Schnittstelle erhöhte Reflexerregbarkeit. Ebenso können Narcotica: Chloroform, Äther, Morphium, in einem Stadium, wo durch sie die willkürliche Thätigkeit des Gehirns ausgeschaltet ist, wo aber ihre reflexherabsetzende Wirkung sich noch nicht geltend macht, zu einer erhöhten Reflexerregbarkeit führen.

Die physiologischen Reflexbewegungen.

1. Schluss der Augenlider auf Berührung der Conjunctiva bez. Cornea = Cornealreflex.

Sensible Bahnen: N. infraorbitalis vom I. Ast des Trigeminus oder N. opticus (beim Blinzeln).

Centralorgan: Med. oblongata.

Motorische Bahn: Rr. zygomatici N. facialis zum Orbicularis oculi. Zugleich secernieren die Thränendrüsen.

2. Verengerung der Pupille auf Lichteinfall.

Sensible Bahn: N. opticus.

Centralorgan: Corpp. quadrigemina und Oculomotoriuskern am Boden des Aquaeductus Sylvii.

Motorische Bahn: N. oculomot. und ciliares breves zum Sphincter pupillae.

Das Centrum ist tonisch erregt; Nachlassen dieser Erregung

ruft allein schon Pupillenerweiterung hervor (reflektorische Pupillenerweiterung). Sie wird unterstützt durch die Nn. ciliares longi aus dem Sympathicus, die den Dilatator innervieren; ihr Centrum liegt im Halsmark.

Verengert oder erweitert sich die eine Pupille durch Lichteinfall oder Beschattung, so thut es gleichzeitig auch die andere (consensuelle Pupillenreaktion).

3. Schlingakt, kann willkürlich eingeleitet werden, läuft dann aber reflektorisch weiter.

Sensible Bahn: R. lingualis vom N. glossopharyngeus, Rami pharyngei N. vagi.

Centralorgan: Med. oblongata.

Motorische Bahn: Rami pharyngei vom Vago-Accessorius zu den Schlund- und Oesophagusmuskeln.

4. Husten stellt sich ein, sobald Fremdkörper in die Respirationswege gelangen, bes. wenn beim Schlingakt (s. Mundverdauung) der Verschluss gegen den Kehlkopf zu spät erfolgt. Der Kehlkopfverschluss wird hergestellt und durch eine kräftige Exspiration gesprengt, dadurch wird der Fremdkörper herausgeschleudert.

Sensible Bahn: N. laryng. sup.

Centralorgan: Med. oblongata.

Motorische Bahn: N. laryng. inf. (zum Verschluss des Larynx) + Nerven der Exspirationsmuskeln.

Der Husten wird auch auch oft in unzweckmässiger Weise ausgelöst (Stick-, Keuchhusten). Der Husten bei Reizung in den Lungen wird durch Mitempfindung (Übertragung des Reizes auf den N. laryngeus sup.) ausgelöst.

5. Niesen erfolgt auf Reizung der Nasenschleimhaut. Der Nasenrachenverschluss (s. Mundverdauung) wird hergestellt, darauf durch eine kräftige Exspiration gesprengt und dadurch die in der Nase befindlichen Fremdkörper herausgeschleudert.

Sensible Bahn: Rr. nasales vom N. ethmoidalis (Trigeminus).

Centralorgan: Med. oblongata.

Motorische Bahn: Nerven des weichen Gaumens und Exspirationsmuskelnerven.

6. Brechen (s. Magenverdauung). Die sensible Bahn kann sehr verschieden sein, Erbrechen kann hervorgerufen werden vom Gehirn (durch widrige Vorstellungen) vom äusseren Gehörgang

(R. auricularis N. vagi), vom Rachen, vom Magen und Darm, vom Peritoneum, vom Uterus aus.

7. Harnlassen (s. Harn).

8. Defaecation (s. Darm).

9. Erektion kommt zu Stande durch vermehrte Füllung der Blutgefässe des Penis (s. Zeugung).

Sensible Bahn: N. dorsalis penis, auch vom Gehirn aus (durch sinnliche Vorstellungen)

Centrum: Lendenmark.

Motorische Bahn: Vasodilatatoren in den Nn. erigentes für die zuführenden Arterien, Fasern für den M. transversus perinei zur Compression der Vv. profundae penis.

10. Ejakulation:

Sensible Bahn: Gefühlsäste des Penis.

Centrum: Lendenmark.

Motorische Bahn: Nn. perinei zum M. bulbo-cavernosus.

11. Wehen:

Sensible Bahnen: Plexus uterinus (N. sympathicus).

Centrum: Lendenmark.

Motorische: Plexus uterinus zur Uterusmuskulatur.

12. Schliesslich sind noch einige experimentelle, klinisch wichtige Reflexbewegungen zu erwähnen:

1. Westphal'sches Kniephänomen, Patellarsehnenreflex: bei Schlag auf das Lig. patellae inf. contrahiert sich der M. quadriceps.

2. Hodenreflex: bei Reizung der Innenfläche der Oberschenkel tritt der gleichseitige Hoden in die Höhe.

Ferner Bauchdecken-, Fusssohlenreflex u. s. w.

Pathologische Reflexbewegungen.

Bei Krankheitsvorgängen können reflektorische Contractionen einzelner Muskel oder ganzer Muskelgruppen, Reflexkrämpfe, auftreten.

So tritt Erbrechen bei Peritonitis, bei Gallen- und Nierensteinen ein.

Schielen (Strabismus convergens) und Pupillenerweiterung bei Wurmreiz.

Wadenkrämpfe bei Darmkolik (Cholera).

Convulsionen des ganzen Körpers bei Kindern in der Dentitionsperiode.

Tetanische Contraction der ganzen Körpermuskulatur, mit

den Kaumuskeln beginnend (Trismus) und von da absteigend, im Tetanus infolge des Tetanusgiftes, das als Stoffwechselprodukt von den Tetanusbakterien erzeugt wird.

Sekretorische Reflexe.

Die Reflexaktionen beschränken sich aber nicht bloss auf Bewegungen, sondern, da es auch centrifugalleitende sekretorische Nerven giebt, können auch Sekretionen ausgelöst werden.

So findet bei jedem Augenlidschluss reflektorisch Thränensekretion statt.

Ebenso werden der Speichel (s. dort) und andere Verdauungssäfte (s. dort), ferner der Schweiss (s. dort) reflektorisch abgesondert.

Auch die Milchdrüsensekretion gehört hierher.

Während bei den Reflexen eine Übertragung der Erregung von sensiblen Nerven auf motorische statt hat, findet in den Centralorganen bes. im Gehirn auch eine Übertragung von motorischen Nerven auf motorische statt, es entstehen Mitbewegungen, und von sensiblen auf sensible, es entstehen Mitempfindungen.

Mitbewegungen (associierte Bewegungen).

Es sind Bewegungen, die ohne den Willen neben den intendierten eintreten. So die Verengerung der Pupille bei der Accommodation und bei der Einwärtsdrehung des Auges; die consensuelle Pupillenreaktion (s. oben); die gleichzeitige Bewegung beider Augen, beider Gesichtshälften und Körperhälften.

Alle mechanische und künstlerische Geschicklichkeit, die Erlernung jedes Sports beruht zu einem Teil auf der Unterdrückung der unnützen associierten Bewegungen.

Pathologisch treten sie hervor im Veitstanz (Chorea).

Mitempfindungen (Irradiation der Empfindung).

Bei heftigem Zahnschmerz empfindet man in der ganzen Gesichtshälfte Schmerzhaftigkeit.

Bei Reizen, welche die Luftröhre oder die Bronchien treffen,

wird der N. laryngeus sup. in Mitleidenschaft gezogen, es findet reflektorisch Husten statt.

Bei Steinen in der Blase entsteht Kitzel im vorderen Teil der Harnröhre.

Besonders Allgemeingefühle, wie Schauder, Kitzel, können sich über die direkt betroffene Stelle hinaus auf den ganzen Körper verbreiten.

---

20. Physiologie der Centralorgane.

Vorbemerkung.

Die Centralorgane sind Rückenmark und Gehirn. Das Rückenmark stellt, soweit es nicht Leitungsorgan ist, einen Reflexapparat dar. Indem in ihm ein Reiz von einem sensiblen auf einen motorischen Nerven übertritt, wird ein Reflexbogen einfachster Art hergestellt. Doch kann die Reflexvermittlung auch auf zusammengesetztere Art zu Stande kommen so, dass sich ein Neuron II. III. u. s. w. Ordnung (s. allgemeine Nervenphysiologie) zwischen den gereizten centripetalen und den wirksamen centrifugalen dazwischen schiebt.

Solche komplicierte Reflexübertragung findet zum Teil schon im Rückenmark, in viel reicherem Maasse im Gehirn statt. Das Gehirn ist physiologisch lediglich als ein ausserordentlich kompliciertes Reflexorgan aufzufassen, in welchem die centripetalen Bahnen aller Sinnesapparate mit den centrifugalen motorischen Bahnen in eine sehr ausgedehnte, überaus mannigfache und nach den verschiedensten Richtungen hin abstufbare Beziehung treten. Daneben finden sich im Gehirn noch Gruppen von Nervenzellen, die normaler Weise nicht reflektorisch, sondern autochthon, durch örtlich wirkende Reize (chemische z. B. gewissen CO_2-Gehalt des Blutes) erregt werden, die sogenannten automatischen Centra.

Die geistigen Vorgänge sind mit den chemisch-physikalischen Veränderungen im Gehirn verbunden; es findet ein Parallelismus zwischen beiden statt. Auch die einfachste Empfindung ist mechanisch-causal aus bewegter Materie nicht zu erklären.

Die Seele ist kein reales Ding (in dem Sinne wie Nerv, Muskel), sondern eine von uns gemachte Abstraktion. Man versteht darunter die Gesamtheit der geistigen Vorgänge eines Individuums in einem gegebenen Augenblick. Da die geistigen Vorgänge keine res corporea sind, mithin keine Ausdehnung haben, so können sie, die Seele, auch keinen Sitz im Gehirn

oder sonst irgendwo haben. Körper (Ganglienzellen, Nervenfasern) und körperliche Bewegung lassen sich im Raum bestimmen, Seele und geistige Vorgänge können nicht lokalisiert werden.

Die Physiologie geht darauf aus, den Verlauf der Nervenbahnen und die Erregungsvorgänge in ihnen zu studieren und womöglich dereinst in den mechanisch-causalen Bewegungsvorgang der Gehirnmoleküle einzudringen. Die Untersuchung wird wie am Nerven vorgenommen, indem man einmal die verschiedensten Stellen des Rückenmarks und Gehirns reizt und den Erfolg beobachtet, zum andern, indem man Stellen zerstört oder abträgt und einerseits den Verlauf der darauf in den Nervenbahnen eintretenden Degenerationen verfolgt, andererseits eintretende Ausfallserscheinungen ermittelt. Dabei hat sich gezeigt, dass gewisse Stellen der Centralorgane bei ihrer Reizung bestimmte Bewegungen zur Folge haben, andere nach ihrer Zerstörung bestimmte körperliche oder „seelische" Funktionen, die vorher vorhanden waren, vermissen lassen. Solche Stellen nennt man Centra.

Diese Art der Lokalisation unterscheidet sich fundamental von den früheren Lokalisationsbemühungen (Gall), die nach Fühlen, Wollen, Denken, Gedächtnis und sogar nach einzelnen Vorstellungen im Gehirn suchten.

Das Rückenmark.

Bau.

Das Rückenmark stellt einen platt cylindrischen, langen Strang vor, der durch die Fissura longitudinalis ant. und post. in zwei Hälften, eine rechte und eine linke, geteilt wird. Jede Hälfte zeigt entsprechend dem Austritt der vorderen und hinteren Wurzeln eine sichtbare Furche Sulcus lateralis ant. und post.

Auf einem Querschnitt erkennt man, dass das Rückenmark aus einer centralen grauen Substanz besteht, die in Form eines H angeordnet ist, und einer peripherischen umgebenden weissen Masse. Die graue Substanz enthält vorwiegend Nervenzellen (in 4 Gruppen: Vorderhörner, Seitenhörner, Hinterhörner, Clarke'sche Säulen), die weisse Substanz markhaltige Nervenfasern, die der Leitung dienen.

Die vorderen Wurzeln sind sämtlich als Axencylinderfortsätze der Zellen in den Vorderhörnern zu betrachten.

Die hinteren Wurzeln sind zum grössten Teil als Axencylinderfortsätze der Zellen der Spinalganglien anzusehen (die Faser zur Peripherie ist einem verlängerten Protoplasmafortsatz gleichwertig); sie gehen transversal in den Hinterstrang des Rückenmarks und theilen sich dort T- oder Y-förmig in einen aufsteigenden und absteigenden Ast, deren jeder unter rechtem Winkel Ästchen, Collateralen, abgiebt, die mit freien Endbäumchen teils in den Hinter- teils in den Vorderhörnern endigen und mit den Zellen dort in Kontakt treten. Der absteigende Ast endet in gleicher Weise nach längerem oder kürzerem Verlauf. Von den aufsteigenden Ästen endet nur ein Teil in der grauen Substanz des Rückenmarks; die grössere Zahl steigt zur Medulla oblongata empor und läuft erst in der Gegend des Nucleus gracilis und cuneatus in Endbäumchen aus.

Durch die austretenden vorderen und hinteren Wurzeln wird der weisse Markmantel jeder Rückenmarkshälfte in 3 Stränge

Fig. 17. Schema eines Rückenmarkquerschnittes nach Edinger. Die Neuronen erster Ordnung ausgezogen, die Neuronen zweiter Ordnung punktiert.

geteilt: Vorder-, Seiten-, Hinterstrang. In jedem Strang zeigen sich die Fasermassen wieder aus besonderen Abteilungen zusammengesetzt:

I. Vorderstrang:
- 1. Pyramidenvorderstrang } motorische Bahnen.
- 2. Vorderstranggrundbündel } motorische Bahnen.

II. Seitenstrang: } gemischte Bahnen.
- 3. Pyramidenseitenstrang (motorisch)
- 4. Kleinhirnseitenstrang (Foville'scher Strang } sensibel
- 5. Gowers'sches Bündel } sensibel
- 6. Seitenstranggrundbündel

III. Hinterstrang: } sensible Bahnen.
- 7. Goll'scher Strang (für die untere Extremität)
- 9. Burdach'scher Strang oder Hinterstranggrundbündel (für die obere Extremität)

Leitungsbahnen im Rückenmark.

1. **Die motorischen Bahnen** werden dargestellt durch die beiden Pyramidenstränge, durch die Vorderhornzellen und die vorderen Wurzeln.

In dem Pyramidenvorderstrange verlaufen diejenigen psychomotorischen Bahnen, welche von derselben Seite des Gehirns kommend erst weiter caudalwärts, kurz vor ihrer Auflösung in freie Endbäumchen, auf die andere Seite des Rückenmarks durch die weisse Commissur übertreten.

In dem Pyramidenseitenstrange kommen vom Gehirn die psychomotorischen Bahnen der anderen Seite, die in der Decussatio pyramidum übergetreten sind. Beide Pyramidenstränge treten durch ihre Endbäumchen in Kontakt mit den Dendriten der Vorderhornzellen, in denen der peripherische motorische Neuron beginnt.

Quere Durchtrennung des Rückenmarks hat absteigende Degeneration der Pyramidenbahnen zur Folge (cfr. S. 180).

2. **Die sensiblen Bahnen** bestehen aus hinteren Wurzeln, Goll'schem und Burdach'schem Strang, Kleinhirnseitenstrang, Gower'schem Bündel und Fasern im Seitenstranggrundbündel.

Im Goll'schen und Burdach'schen Strang verläuft ein Teil der Axencylinderfortsätze der Spinalganglien. In den anderen Bahnen Axencylinderfortsätze von Nerven, deren Zellen in den

Hinterhörnern zum Teil der entgegengesetzten Seite liegen; an die Dendriten dieser Zellen treten die Endbäumchen der übrigen Neuraxone der Spinalganglien heran, die nicht in dem Hinterstrang verlaufen.

Quere Durchtrennung des Rückenmarks hat aufsteigende Degeneration der eben genannten Bahnen zur Folge.

Der ganze Rest der Rückenmarkstränge, der hier unter 1 und 2 nicht genannt ist, bildet hauptsächlich kurze Bahnen, welche Teile des Rückenmarks unter einander verbinden.

Mit dem eben beschriebenen Verlauf der motorischen und sensiblen Bahnen stimmt überein die Beobachtung, dass bei Säugetieren nach halbseitiger Durchschneidung des Rückenmarks (also bis zur vorderen und hinteren Längsfurche) unterhalb der Schnittstelle Bewegungslähmung auf derselben Seite eintritt und Empfindungslähmung (Anästhesie) vorwiegend auf der entgegengesetzten Seite.

Die Funktionen des Rückenmarks.

Sie bestehen in:

1. der Erregungsleitung auf motorischen Bahnen vom Gehirn zu peripherischen Nerven,

2. der Erregungsleitung auf sensiblen Bahnen von peripherischen Nerven zum Gehirn,

3. der Erregungsübertragung von sensiblen auf motorische Bahnen: Reflexbewegung (s. dort).

Die Stellen des Rückenmarks, wo nachweisslich die Übertragung stattfindet, nennt man „Centra“ für die betreffenden Bewegungen (bez. Sekretionen).

Ausser den reflektorischen Centren, die bei den Reflexbewegungen aufgezählt sind, finden sich noch automatische Centra im Rückenmark: „vasomotorische Centra“, welche die von ihnen innervierten Gefässe in einem mittleren Erregungszustand (Gefässtonus) erhalten und „Schwitzcentra“.

Das Gehirn.

Bau.

Das Rückenmark setzt sich durch die Medulla oblongata in das Gehirn fort. Das Gehirn teilt man ein in Grosshirn oder Mantelhirn, in Hirnstock oder Hirnstamm und in Kleinhirn.

Das Grosshirn, äusserlich in Stirn-, Scheitel-, Hinterhaupt- und Schläfenlappen zerfallend, zeigt an seiner äusseren Oberfläche einen 2—3 mm dicken Überzug grauer Substanz, die graue Rinde, welche vorwiegend aus grossen pyramidenförmigen Ganglienzellen besteht. Hieran schliesst sich eine mächtige Schicht weisser Substanz, aus markhaltigen Fasern bestehend. Ein grosser Teil dieser Fasern zieht als Corona radiata (s. u. Fig. 20) radiär in convergenter Richtung nach abwärts zu den Grosshirnganglien (Corpus striatum) und den Stammganglien und stellt so die Verbindung zwischen dem Rindengrau und dem centralen Höhlengrau her, das im Gehirn die Fortsetzung der um den Centralkanal des Rückenmarks gelegenen grauen Substanz darstellt.

Der Hirnstock enthält in seinen Stammganglien (Thalamus opticus, Vierhügel) eine mächtige Anhäufung des centralen Höhlengraues, und stellt in der Brücke und Medulla oblongata die Verbindung zwischen Grosshirn einerseits und Kleinhirn und Rückenmark andrerseits her.

Das Kleinhirn besitzt wie das Grosshirn eine graue Rindenschicht und eine centrale graue Masse, Nucleus dentatus, und steht mit dem Rückenmark (durch die Corpora restiformia), mit dem Grosshirn (durch die Brückenschenkel) und den Vierhügeln (durch die Bindearme) in Zusammenhang.

Leitungsbahnen im Gehirn.

1. Fasern zum Rückenmark.

a) Motorische Bahnen.

Verfolgt man die Pyramidenbahnen nach aufwärts, so gelangt man zur Medulla oblongata, wo in der Decussatio pyramidum eine vollständige Kreuzung der Seitenstrangbahnen, vordere Pyramidenkreuzung, stattfindet, indem die Fasern der einen Seite auf die andere übertreten, während die Vorderstränge, die sich erst im Rückenmark in der Comissura alba anterior kreuzen, auf derselben Seite bleiben.

In den Pyramiden laufen dann die beiden Stränge gemeinsam nach oben, der Seitenstrang der anderen Seite und der Vorderstrang derselben Seite. Sie treten durch den mittleren Abschnitt der Brücke, wo sie zum Teil durchsetzt, vor allem aber dorsal und ventral umfasst werden von den Verbindungsfasern zwischen Grosshirn zum Kleinhirn (crura cerebelli ad pontem), weiter mitten durch

den Fuss der Grosshirnstiele (Pedunculi cerebri), durch den hinteren Schenkel der inneren Linsenkapsel zu den beiden Centralwindungen und dem Lobus praecentralis.

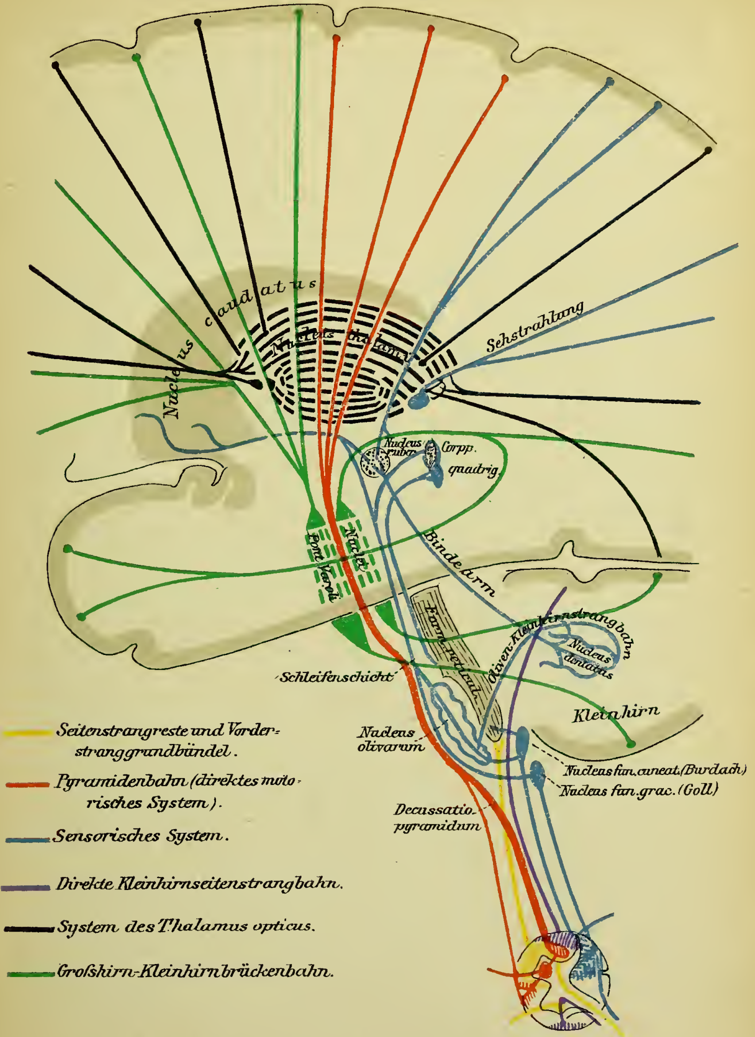
b) Sensible Bahnen.

Die Fasern der Goll'schen und Burdach'schen Stränge endigen in der Medulla oblongata im Nucleus gracilis und Nucleus cuneatus. Von hier aus beginnen neue Neuronen; die Fasern treten durch die graue Substanz bogenförmig nach vorn, kreuzen sich über und dorsalwärts von der Pyramidenkreuzung, indem sie unter Überschreitung der Raphe auf die andere Seite übertreten und so die hintere Pyramidenkreuzung oder Schleifenkreuzung bilden. Danach treten die Fasern von der entgegengesetzten Seite mit Fasern derselben Seiten zusammen, die, besonders im Gowers'schen Bündel verlaufend, sich schon im Rückenmark gekreuzt haben und bilden ein gemeinschaftliches Faserbündel, die Schleife. Diese geht durch den dorsalen Teil der Brücke (Haubenregion der Brücke), wo sie den ventralen Abschnitt einnimmt, durch den Haubenteil der Grosshirnstiele und durch den hinteren Schenkel der inneren Linsenkapsel als Haubenstrahlung zum Scheitellappen.

Die Kleinhirnseitenstrangbahn oder Foville'scher Strang, Axencylinder der Zellen in den Clarke'schen Säulen darstellend, gehen durch die Corpora restiformia der Medulla oblongata in die unteren Kleinhirnstiele über und haben ihr cerebrales Ende im Wurm des Kleinhirns, dem Hauptsitz der Coordination. Ausserdem enthalten die Corpora restiformia bez. die unteren Kleinhirnstiele Fasern, welche die untere Olive der Medulla verbinden mit dem Vliess des grauen Nucleus dentatus der anderseitigen Kleinhirnhemisphäre (Oliven-Kleinhirnbahn).

2. Fasern zwischen Grosshirn und Kleinhirn.

a) Grosshirn-Kleinhirn-Brückenbahn, von denen man eine vordere und eine hintere unterscheidet. Sie ziehen von der Rinde des Stirnlappens und des Hinterhaupt- und Schläfenlappens durch den vorderen und hinteren Schenkel der inneren Linsenkapsel und durch den Hirnschenkelfuss zu den Kernen der Brücke, von da durch die Raphe pontis zu den Brückenschenkeln der entgegengesetzten Seite und weiter zur Rinde der Kleinhirnhemisphären.



Schema der Leitungsbahnen nach Flechsig.

W. A. Meyn, Lith. Inst., Berlin S.

Verlag von S. Karger in Berlin N.W. 6.

b) Kleinhirn-Grosshirnbahn über den roten Kern; es sind Fasern, welche hauptsächlich aus dem Hilus des Nucleus dentatus kommen, durch die Bindearme (Crura cerebelli ad corpora quadrigemina) unter Überschreitung der Raphe (Bindearmkreuzung) zum roten Kern der anderen Seite ziehen und schliesslich in der Rinde des Grosshirns, bes. im Scheitellappen und im Corpus striatum, das ja der Hirnrinde analog ist, endigen.

3. Fasern, welche verschiedene Teile des Grosshirns verbinden.

a) Associationsfasern, (s. Fig. 18) welche in ein und derselben Hemisphäre verlaufen; sie verbinden entweder unmittelbar benachbarte Bezirke (Fibrae arcuatae), oder entferntere Abschnitte (cingulum, Fasciculus arcuatus, uncinatus und longitudinalis inferior). Die Associationsfasern sind beim Neugeborenen kaum vorhanden, sie bilden sich erst aus mit der Zunahme der Intelligenz.

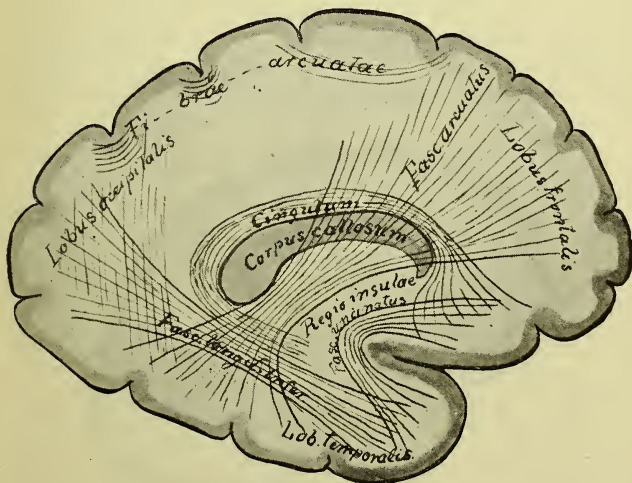


Fig. 18. Schema des Verlaufs der Associationsbahnen nach Edinger.

b) Commissurenfasern, welche von einer Hemisphäre zur anderen verlaufen. Die Hauptcommissur ist der Balken (s. Fig. 19).



Fig. 19. Schema der Commissuren-Fasern nach Edinger. (Balken und Commissura anterior.)

Im Gegensatz zu den Associations- und Commissurenfasern gehören zum Stabkranz, Corona radiata (s. Fig. 20), die von der Rinde zum Thalamus convergierenden Bündel, welche als Seh- oder Thalamusstiele (vorderer, oberer, hinterer, unterer) unterschieden werden. Ferner die unter 1 und 2 erwähnten Bahnen zum Rückenmark und zum Kleinhirn, schliesslich die



Fig. 20. Schema der Stabkranzfasern nach Edinger.

centralen Bahnen des Facialis und Hypoglossus, die von der unteren Centralwindung durch Linsenkapsel, Hirnschenkelfuss,

Haube zu den Kernen der Nerven auf die andere Seite übertreten.

Bemerkenswert ist, dass alle diese Bahnen durch die innere Linsenkapsel bes. durch den hinteren Schenkel derselben ziehen. Die Kapsel ist deswegen von besonderer Wichtigkeit; schon geringe Läsionen derselben ziehen schwere Störungen nach sich. Im vorderen Abschnitt des hinteren Linsenkapselschenkels verlaufen die motorischen Bahnen, die Pyramidenbahnen und die centralen Facialis- und Hypoglossusbahnen, im hinteren Abschnitt, „Carrefour sensitif", die sensiblen Bahnen, Schleifen-, Grosshirn-Kleinhirnbahnen, Opticus-, Acusticusbahnen.

Ferner ist wichtig, dass alle diese Fasern während ihres Verlaufs zwischen Rinde und Kernen eine Kreuzung eingehen (auf die andere Seite treten).

In der weissen Substanz werden die Fasern auch als Strahlungen bezeichnet (Pyramidenstrahlung, sensible Strahlung, Sehstrahlung u. s. w.).

Die Funktionen des Gehirns.

Grosshirn.

Je höher in der Reihe der Vertebralen ein Tier in Bezug auf seine Intelligenz entwickelt ist, um so schwerer ist auch sein Grosshirn sowohl im Verhältnis zum übrigen Gehirn und zum Rückenmark, als auch zum ganzen Körper. Beim Menschen beträgt das Gewicht des Grosshirns etwa $^4/_5$ des gesamten Hirngewichts und etwa $^1/_{30}$ des Körpergewichts. Neben dem Gewicht kommen beim Grosshirn auch die Zahl und Tiefe seiner Windungen, sowie die Dicke seiner grauen Rinde in Betracht.

Bei Störungen in der Entwicklung des Gehirns beim Embryo bleiben die geistigen Fähigkeiten auf niedriger, bisweilen tierischer Stufe stehen (Microcephalen).

Ähnliches ergiebt das Experiment. Eine enthirnte Taube macht den Eindruck eines schlafenden Tieres: sie reagiert nur noch auf direkte sensible Reize. Sie sieht nicht, hört nicht, riecht nicht, bewegt sich nicht von selbst, frisst nicht; doch kann sie bei künstlicher Fütterung monatelang am Leben bleiben. Ebenso verhält sich ein enthirnter Hund.

Dies alles führt zu der Annahme, dass im Grosshirn diejenigen (complicierten) Nervenerregungsvorgänge sich abspielen,

welche mit höheren geistigen Vorgängen, die wir als Bewusstsein, als Willen zu bezeichnen pflegen, verbunden sind.

Entsprechend der Bedeutung des Gehirns als Reflexorgan und entsprechend dem angeführten Faserverlauf, werden wir an der Grosshirnoberfläche, als der letzten Endstation der Bahnen, Bezirke lokalisieren: 1. in denen sensible und motorische Bahnen, die Stabkranzfasern, endigen, 2. in denen Bahnen endigen, die

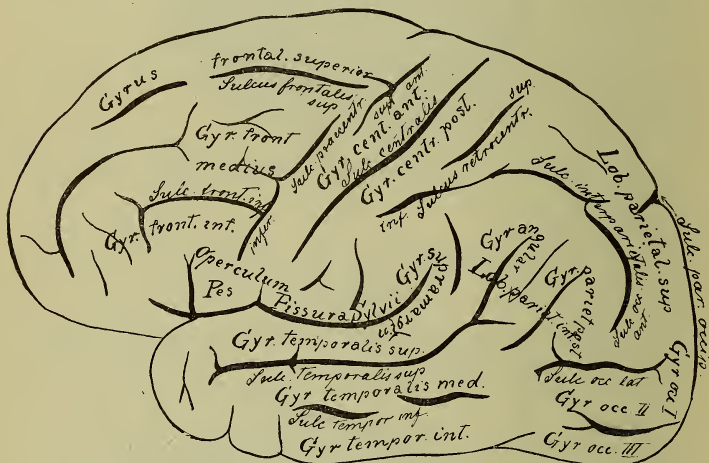


Fig. 21. Windungen und Furchen des Grosshirns nach Edinger.

wieder die unter 1. genannten Bezirke verbinden, also ihnen gleichsam übergeordnet sind, die Associations- und Commissurenfasern.

1. **Stabkranzfaserbezirke.**

Sie enthalten behufs Übertragung der Erregung neben den Endverzweigungen der sensiblen Bahnen die Ursprungszellen der motorischen Bahnen; rein sensible Bezirke giebt es so wenig als rein motorische. Da die verschiedenen Sinne hier mit den motorischen Bahnen in Beziehung gesetzt werden, nennt man sie „Sinnessphären“ und teilt sie ein in

a) Körperfühlsphäre, nimmt die laterale (die ganze Gegend um den Sulcus centralis) und mediale Fläche des Schläfenlappens

ein. Sie übertrifft die anderen „Sphären“ an Ausdehnung bei weitem.

Hier endigen die centrifugalen (sensiblen) Rückenmarks- und Kleinhirnbahnen (Schleifen- und Bindearmfasern). Es nehmen hier ihren Ursprung die centripetalen motorischen Bahnen (Pyramidenbahnen und Grosshirn-Kleinhirnbrückenbahnen). In den Centralwindungen entspringen im oberen Teil die motorischen

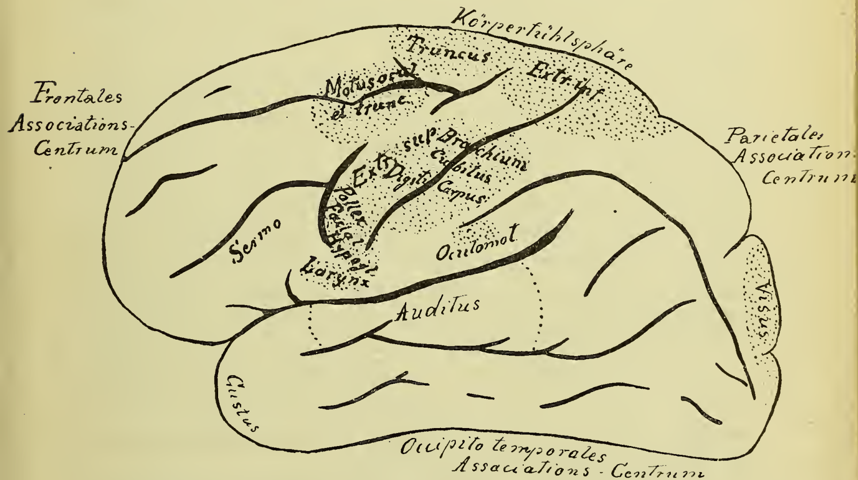


Fig. 22. Sinnessphären und Associationscentren nach Edinger.

Fasern für die untere (sodass also auch in dieser Beziehung eine Kreuzung stattfindet) Extremität der entgegengesetzten Seite, im mittleren für die obere Extremität, im unteren für den Facialis.

Im hinteren Teil der unteren Stirnwindung (in der Pars opercularis) liegen die motorischen Centra für die bei der Sprach- und Stimmbildung beteiligten Muskeln „Broca'sches Sprach-Centrum“.

b) Hörsphäre. Sie liegt in der Rinde des Schläfenlappens. Als centripetale Fasern endigen hier die Fortsetzungen des N. cochlearis.

c) Sehsphäre. Sie nimmt die Rinde in der Convexität des Hinterhauptlappens ein. Es endigen hier die Fortsetzungen des Tractus opticus.

Wird bei einem Tier die Hörsphäre oder die Sehsphäre zerstört, so ist es taub oder blind. Man spricht dann von „Rindentaubheit", „Rindenblindheit".

d) Riechsphäre. Sie liegt an der unteren Fläche der Hemisphären, im basalen Teil des Gyrus fornicatus, dem Gyrus uncinatus und dem angrenzenden Teil der Insula. Es endigen hier die Bahnen des Tractus olfactorius.

Eine Schmecksphäre hat man noch nicht aufgefunden.

2. **Die Commissuren und Associationsbezirke, „Associationscentren"** (Flechsig).

Sie stehen nicht direkt mit den centrifugalen und centripetalen Bahnen in Verbindung. Sie stellen vielmehr Verbindungsbögen zwischen den Endstationen dieser Bahnen, den Sinnessphären, dar, fassen sie gleichsam zu höheren Einheiten zusammen. Sie nehmen den grössten Teil, zwei Drittel, der ganzen Grosshirnrinde ein. Diese ihre relativ mächtige Ausbildung ist dem Menschen eigentümlich. Es laufen in ihnen diejenigen complicierten Erregungsvorgänge ab, denen die höheren geistigen Funktionen parallel gehen. Man unterscheidet 3 Centren:

a) Das hintere grosse Associationscentrum erstreckt sich über die Aussenfläche der Occipitalwindungen, über die 2. und 3. Schläfenwindung und die gesamten Scheitelwindungen. Dieses mächtige Gebiet macht bei geistig hochstehenden Menschen fast die Hälfte des gesamten Grosshirns aus.

b) Das mittlere Associationscentrum deckt sich mit dem Gebiet der Insula Reilii.

c) Das vordere Associationscentrum nimmt einen Teil des Stirnlappens ein.

Grosshirnganglien und Hirnstock
(ohne Medulla oblongata).

Über die Funktionen des Streifenhügels, Sehhügels und der Vierhügel ist bis jetzt nur soviel ermittelt, dass sie Centren für die complicierten coordinierten Bewegungen enthalten; sie können auf sensible Reize reflektorisch in Thätigkeit treten. Tiere, bei denen sie erhalten sind, und nur das Grosshirn entfernt ist, bewahren ihr Gleichgewicht, fliegen oder laufen, wenn sie gestossen werden; auch das fällt weg, wenn diese Centren zerstört sind.

Die Vierhügel insbesondere stellen das Reflexcentrum für die Pupillenverengerung auf Lichteinfall dar (s. Reflexbewegungen). Ausserdem sollen in ihnen Centren für die Bewegungen der oberen Extremitäten liegen.

Auf die Wichtigkeit der inneren Linsenkapsel ist schon hingewiesen.

Einseitige Zerstörung des Streifenhügels hat Lähmung der gegenüberliegenden Körperhälfte zur Folge. Im Streifenhügel soll sich auch ein Centrum für die Wärmeregulation befinden; nach Verletzung desselben steigt die Eigenwärme an.

Einseitige Verletzungen der Grosshirnganglien und des Hirnstocks haben Zwangsbewegungen zur Folge; es treten scheinbar zwangsmässige, bis zur Erschöpfung anhaltende eigentümliche Bewegungen ein: „Rollbewegung", Bewegung um die Längsaxe; Kreisbewegungen nach einer Seite, meist nach der der Verletzung entgegengesetzten, als „Reitbahnbewegung" (Manègegang) und „Zeigerbewegung" (wobei die Hinterfüsse an derselben Stelle bleiben); Überschlagen nach vorwärts oder rückwärts. Hierher gehört auch die „Drehkrankheit der Schafe", die hervorgebracht wird dadurch, dass die Finne des Hundebandwurms, Taenia coenurus, in das Gehirn gelangt.

Kleinhirn.

Es wird ihm Bedeutung für die Coordination der Bewegungen zugeschrieben, besonders der unteren Extremitäten und der Wirbelsäule, also der für das Stehen und die Ortsveränderung nötigen Bewegungen. Verletzungen des Kleinhirns haben den Zwangsbewegungen ähnliche Störungen zur Folge; die geistigen Fähigkeiten und die Sinneswahrnehmungen zeigen dabei scheinbar keine Ausfallerscheinungen.

Medulla oblongata.

Das verlängerte Mark ist physiologisch von besonderer Bedeutung. Es enthält Centra für verschiedene Funktionen, die dem normalen Fortgang des Stoffwechsels dienen, darunter das Atemcentrum, dessen Zerstörung sofortigen Tod zur Folge hat. Ausserdem bildet es, wie der Pons, einen centralen Knotenpunkt für viele Hirn- und Rückenmarksbahnen.

Im Boden des vierten Ventrikels liegen die Kerne des V.—VII. Hirnnerven (der III. und IV. Hirnnervenkern liegen unter dem Aquae-

ductus Sylvii) und zwar der V.—VII. im vorderen (oberen), der VIII.—XII. im hinteren (unteren) Abschnitt; der VIII. ragt noch in den vorderen Abschnitt hinein. Daher haben auch alle an diesen Hirnnerven zu beobachtenden Reflexerscheinungen in der Medulla oblongata ihr übertragendes Centralorgan. Dazu gehören die

Reflexcentren:

a) für den Lidschluss,

b) für den Schling- und Schluckakt,

c) für Niesen und Husten,

d) für das Kauen, Beissen, Saugen, vielleicht auch für Magen- und Darmbewegungen,

e) für den Brechakt,

f) für die Speichelsekretion, vielleicht auch für die Sekretionen im Magen, Darm und Pankreas,

g) für die Thränensekretion.

Ausser diesen vorwiegend reflektorisch erregten Centren finden sich noch solche, die durch in loco wirkende Reize erregt werden; die sogenannten

automatischen Centra. Dazu gehören

a) das Atemcentrum, Nœud vital; es liegt zu beiden Seiten der Spitze des Calamus scriptorius und erstreckt sich bis in die Formatio reticularis hinein. Von ihm aus werden die Atemmuskeln erregt, als Reiz wirkt wie bei allen automatischen Centren Sauerstoff-Mangel und Kohlensäure-Anhäufung im Blut. Reflektorisch wird der Rhythmus reguliert durch Reizung centripetaler hemmender Fasern.

b) das Herzhemmungs- und Herzbeschleunigungscentrum. Sie dienen zur Regulierung der Zahl und der Stärke der Herzcontractionen. Sie können auch reflektorisch erregt werden.

c) das Gefässcentrum für die gefässverengernden und gefässerweiternden Nerven; sie regulieren die Blutverteilung in den einzelnen Körperteilen. Auch sie können reflektorisch erregt werden.

d) das Schweisscentrum; es soll den spinalen Schwitzcentren übergeordnet sein und sie zusammenfassen. Es wird auch noch durch Temperaturerhöhung erregt.

e) das Krampfcentrum; es soll sich ein solches in der

Medulla oblongata finden, welches den Reflexen des Rückenmarkes übergeordnet ist und bei seiner Erregung (z. B. bei der Erstickung) Krämpfe der ganzen Körpermuskulatur auslösen soll.

f) das Diabetescentrum; man hat es angenommen, weil Verletzung des Bodens vom 4. Ventrikel (Zuckerstich, Piqûre) Diabetes mellitus zur Folge hat. Der Zucker stammt aus dem Leberglycogen.

Reaktionszeit.

Von der Natur des Nervenprincips und der in den Centralorganen ablaufenden Erregungsvorgänge weiss man nichts. Doch hat man wenigstens eine Vorstellung von dem zeitlichen Ablauf der Erregungsprozesse gewonnen, indem man die Reaktionszeit gemessen hat d. h. die Zeit, die vergeht von dem Augenblick, wo ein Sinnesreiz (Schall-, Licht-Empfindung) ein Individuum trifft, bis zu einer möglichst schnell darauf folgenden verabredeten Bewegung. Sie hat sich zu etwa 0,15 Sek. für den Licht- und Schallreiz ergeben. Da sie bei verschiedenen Menschen verschieden ist, so ist ihre Kenntnis bei astronomischen Beobachtungen von grosser Wichtigkeit; sie wird hier als „persönliche Gleichung" in Rechnung gebracht. Zieht man von der Reaktionszeit die Zeit ab, die für die Leitung in den sensiblen und motorischen Nerven und für die Muskel-Latenz verbraucht wird, so bleibt der grösste Teil für den Ablauf des Hirnprozesses übrig, „Gehirnzeit".

Die Reaktionszeit wird kleiner durch Übung und mit zunehmender Stärke des Sinneseindruckes und umgekehrt grösser durch Ermüdung.

Schlaf.

Schlafen und Wachen sind die periodische Abwechslung zwischen Ruhe und Thätigkeit des Gehirns. Der Schlaf besteht wahrscheinlich in einer Ermüdung namentlich der grauen Rinde des Grosshirns, analog der Muskelermüdung. Wie diese Ermüdung zu Stande kommt, ist unbekannt. Sicher ist, dass Tiere und Menschen, denen alle Sinneseindrücke möglichst fern gehalten werden, in Schlaf verfallen, während starke Sinneseindrücke den Schlaf unterbrechen. Ein schlafendes Tier verhält sich wie ein grosshirnloses Tier. Es findet keinerlei Wahrnehmung statt, noch werden willkürliche Bewegungen ausgelöst, wohl aber gehen die automatischen und einfacheren reflektorischen Bewegungen, wie

Atmung, Herzthätigkeit, wenn auch vermindert, doch ungestört vor sich. Die Augenlider sind (infolge der Erschlaffung des Levator palpebrae) geschlossen, die Pupillen etwas verengt, die Bulbi nach oben und innen gedreht.

Der erwachsene arbeitende Mann bedarf in 24 Std. mindestens 6 Stunden Schlaf.

Träume treten bei geringer Schlaftiefe ein, bes. kurz vor dem Erwachen.

Somnambulismus und Hypnotismus sind dem Schlaf ähnliche Zustände. Es handelt sich um eine partielle Lähmung der Hirnrinde.

Stoffwechsel des Gehirns.

Während die Nervenfasern sehr arm an Blutgefässen sind, finden sich solche sehr reichlich überall da, wo Ganglienzellen vorkommen. Absperrung der Blutzufuhr macht die Ganglienzellen sehr schnell funktionsunfähig, bei den Nervenfasern tritt ein schädigender Einfluss erst nach längerer Zeit ein. Da auch im Gehirn grosse Anhäufungen von Ganglienzellen vorkommen, so hat hier auch ein sehr lebhafter Stoffwechsel statt. Nach Abschnürung der Carotiden und Vertebral-Arterien schwindet bei Säugetieren das Bewusstsein schon nach 1—2 Minuten, danach tritt Dyspnoe und allgemeiner Krampf durch Reizung der Medulla oblongata (s. o.) auf; das gleiche findet bei rascher Verblutung statt.

Von festen chemischen Bestandteilen kommen im Gehirn vor 1. im Wasser lösliche als Eiweiss, Milchsäure, Inosit, flüssige Fettsäuren, Xanthin, Hypoxanthin und Kreatin in geringer Menge, 2. in Äther lösliche als Cholestearin, Lecithin, Protagon, Fett.

---

21. Lehre von den Bewegungen.

Mechanik des Skeletts.

Die Knochen bilden die Stütze der Körperteile. Sie sind starre Gebilde, die bei relativ geringer Masse grösste Festigkeit besitzen. Dies kommt dadurch zu Stande, dass ihr Inneres nur durch die schwammige Spongiosa ausgefüllt, bei Röhrenknochen sogar hohl ist, und ferner dadurch, dass die Knochen-Lamellen und die Bälkchen der Spongiosa eine für den Widerstand gegen Zug- und Druckwirkung überaus günstige Architektur zeigen, wie das Gitterwerk einer Brücke.

Die Verbindung der Knochen mit einander ist entweder unbeweglich (durch Nähte oder durch Einkeilung, Gomphosis, wie die Zähne) oder beweglich. Letzteres durch Synchondrosen oder Gelenke.

Synchondrosen oder Symphysen sind Verbindungen zweier Knochen durch Knorpel, wie bei den Beckenknochen und den Wirbelkörpern. Die so verbundenen Knochen können nach der verschiedensten Richtung hin, doch nur in sehr beschränktem Maasse, gegen einander bewegt werden; vermöge der Elasticität ihres Faserknorpels federn sie wieder in die Gleichgewichtslage zurück.

Gelenke.

Gelenke sind die frei beweglichen Verbindungen zwischen zwei oder mehreren Knochen, die mit überknorpelten, glatten, meist congruenten Knochenflächen (Gelenkflächen) an einander liegen und vermöge der von der Synovialmembran abgesonderten Gelenkschmiere, Synovia, leicht auf einander gleiten.

Das ganze Gelenk ist umgeben von einer fibrösen Membran, Gelenkkapsel, die von der Circumferenz der Gelenkfläche entspringt. Sie ist schlaff genug, um die Beweglichkeit der Knochen zu erhalten. Nur bei den Amphiarthrosen (z. B. zwischen

Tarsus und Metatarsus) ist sie so straff, dass die Knochen sich nur sehr wenig zu einander verschieben können.

Der Gelenkbinnenraum ist kein Hohlraum, sondern ein lumenloser Spalt, in dem sich lediglich die spärliche Synovia befindet.

In und neben der Kapsel finden sich starke fibröse Faserzüge, die von einem Knochenende zum andern ziehen. Sie stellen den Haftmechanismus des Gelenkes dar. Sie sind entweder Hülfsbänder, wenn sie die Bewegung im Gelenk unterstützen, oder Hemmungsbänder, wenn sie dieselbe, bes. bei zu starkem Druck oder Zug, hemmen, wie z. B. das Ligam. ileo-femorale die übermässige Streckung und Rotation nach aussen des Oberschenkels. Die Hemmungsbänder werden unterstützt durch hemmende Knochenfortsätze, die Knochenanschläge, z. B. das Olecranon für zu grosse Streckung, der Proc. coronoides für zu grosse Beugung des Vorderarms.

Die Gelenkflächen werden in ihrer Lage gegen einander erhalten durch

1. die erwähnten Hülfsbänder,
2. den Muskelzug,
3. den Luftdruck.

Der letztere ist von grosser Bedeutung. Da der Gelenkbinnenraum luftfrei ist, so können sich die Flächen nur sehr wenig von einander entfernen, da die Synovia lediglich eine capillare Schicht bildet. Man kann daher sämtliche Muskeln und Bänder um das Hüftgelenk zerschneiden, ohne dass der Schenkel aus der Pfanne herausfällt. Bohrt man aber die Pfanne vom Becken aus an, so dass Luft in das Gelenk eindringen kann, so fällt das Bein sofort heraus.

Die Gelenkflächen sind geometrisch als Rotationsflächen zu betrachten, d. s. Flächen, die durch Rotation einer Curve um eine Axe im Raum entstanden sind. Je nach der Gestalt der Curve und nach ihrer Lage zur Drehungsaxe entstehen sehr verschiedene Flächen. Nach der Form solcher Flächen teilt man die Gelenke ein in:

1. Kugelgelenke oder Arthrodien. Die Flächen sind Stücke einer Kugelfläche. Sie sind die frei beweglichsten Gelenke, sie lassen Bewegungen in drei zu einander senkrechten Axen ausführen, die durch den Kugelmittelpunkt gehen: Schultergelenk.

Greift die vertiefte Hohlkugel sehr weit über die Vollkugel, so entsteht das Nussgelenk: Hüftgelenk.

Ein modificiertes Kugelgelenk ist das Eigelenk zwischen Vorderarm und Handwurzel.

2. Sattelgelenk. Die Flächen gleichen denen eines Sattels, sie sind in einer Richtung convex und in der darauf senkrechten concav. Gelenk zwischen Os multangulum majus und Os metacarpi primum. Es kann Beugung und Streckung, Abduktion und Adduktion, auch beschränkte Rotation stattfinden.

3. Charnier- oder Winkelgelenk (Ginglymus). Es zeigt cylindrische oder walzenförmige Gelenkflächen. Die Bewegung findet nur in einer Ebene statt, deren Axe mit der Rotationsaxe zusammenfällt: Gelenke zwischen den Phalangen, zwischen Ulna und Trochlea des Humerus.

Modifikationen des Charniergelenks sind das Schrauben- und das Spiralgelenk.

Beim Schraubengelenk dreht sich der bewegliche Knochen um die in ihm liegende Axe, Dreh-Axe, und verschiebt sich zugleich in deren Richtung: Sprunggelenk.

Spiralgelenk. Die Circumferenz der festen Gelenkfläche bildet, von der Seite gesehen (im Sagittalschnitt), eine Spirale. Daher beschreibt jeder Punkt des beweglichen Knochens ebenfalls eine Spirale: Kniegelenk. Die seitlichen Bänder des Kniegelenks werden bei der Streckung gespannt, daher ist bei gestrecktem Knie eine Drehung des Unterschenkels unmöglich. Bei der Beugung lockern sich die Bänder, es kann Pronation des Unterschenkels (Richtung der Fussspitze medianwärts) und Supination stattfinden.

4. Drehgelenk, Trochoides. Es findet sich in Form des „Zapfengelenks“ nur zwischen Atlas und Epistropheus. In anderer Form im Radio-Ulnargelenk, wodurch Pronation und Supination des Unterarms zu Stande kommt. Das Radiusköpfchen dreht sich dabei innerhalb des Lig. annulare, das seinen Hals ringförmig umfasst. Dabei beschreibt das untere Ende des Radius um das untere Ende der Ulna ein Stück eines Kegelmantels.

Wirkung der Muskeln auf die Knochen.

Die Muskeln sind in einem etwas gedehnten Zustand am Skelett befestigt; sie üben daher auf die Knochen, an die sie sich

ansetzen, auch in der Ruhe einen elastischen Zug aus. Dadurch wird einmal bewirkt, dass bei der Contraction die Kraft sogleich auf die Knochen wirkt; zweitens, dass wenn z. B. die Contraction der Beuger nachlässt, die elastische Kraft der Strecker allein sofort die Streckung des Gliedes herbeizuführen strebt.

Die meisten Muskeln setzen sich nicht direkt an die Knochen an, sondern mit Hülfe von Sehnen oder Fascien. Durch die Sehnen wird die Kraft des Muskels auf einen Punkt des Knochens concentriert, durch die Fascien wird sie auf eine grössere Fläche verteilt.

Durch die Contraction werden die Insertionspunkte gegen einander verschoben und genähert, wofern nicht, wie beim M. trochlearis, der Muskel über eine Rolle läuft.

Muskeln, die auf einen Punkt in gleichem Sinne wirken, heissen Synergisten; die in entgegengesetztem Sinne wirken, Antagonisten. Doch hat diese Bezeichnung jedesmal nur Geltung für eine bestimmte Bewegung, so dass, wie z. B. bei der Bauchpresse, dieselben Muskeln das eine Mal Synergisten, das andere Mal Antagonisten sein können.

Die Kraft des Muskels kommt nur dann zur vollen Wirksamkeit, wenn Zugrichtung und Muskelfaserrichtung zusammenfallen, d. h. wenn der Muskel sich rechtwinklig inseriert. Das findet aber nur bei wenigen Muskeln statt: bei den Kaumuskeln, den Mm. Recti capitis, bei den Wadenmuskeln, die die Achillessehne bilden, und bei der Portio transversa des adductor pollicis. Die übrigen Muskeln setzen sich unter einem spitzen Winkel an; es wird nur ein Teil der von ihnen entwickelten Kraft in äussere Bewegung umgesetzt. Diesen Teil findet man, indem man die ganze Kraft des Muskels nach dem Parallelogramm der Kräfte zerlegt und die auf die Knochenaxe senkrechte Componente construiert.

Die ungünstige, Kraftverlust bedingende Wirkung der schiefwinkligen Insertion der Muskeln wird vermindert einmal dadurch, dass die Insertion weniger spitzwinklig gemacht wird durch Knochenvorsprünge, durch Rollen oder durch Sesambeine. Auch die Kniescheibe ist in diesem Sinne als Richtungsrolle aufzufassen. Zweitens dadurch, dass in dem Maasse, wie die Muskeln sich contrahieren, durch die Bewegung des Knochens der spitze Insertionswinkel sich dem rechten nähert.

Die Knochen stellen in Bezug auf die Wirkungsweise der

Muskeln Hebel vor, hauptsächlich einarmige, bei denen Kraft und Last an derselben Seite vom Drehpunkt angreifen. Während der Angriffspunkt der Last gegen das freie Ende des Hebels hinrückt, liegt der Angriffspunkt der Kraft nahe dem Drehpunkt. Da nach den Hebelgesetzen die Produkte aus Kraft und Weg gleich sind, so ist am Drehpunkt die Kraft gross, der Weg klein, am freien Ende umgekehrt die Kraft klein, der Weg gross. Solche Hebel nennt man „Wurfhebel" oder „Geschwindigkeitshebel". Der Mensch ist das Wurftier *κατ᾽ ἐξοχην*.

Zweiarmige Hebel sind im Körper der Vorderarm und der Fuss für die Wadenmuskeln.

Die Ortsbewegungen.

Sie bestehen in einer Fortbewegung des Schwerpunktes. Derselbe liegt im menschlichen Körper bei der Normalstellung (im anatomischen Sinne) im kleinen Becken dicht vor dem Promontorium des Kreuzbeins und befindet sich bei den Ortsbewegungen im labilen Gleichgewicht. Er ist ausreichend unterstützt, wenn das aus ihm gefällte Loth, die Schwerlinie, innerhalb der Unterstützungsfläche fällt, das ist die Fläche, mit welcher der Körper den Boden berührt.

Stehen.

Damit bezeichnet man die ruhige aufrechte Haltung des Körpers auf den Füssen, wobei der Schwerpunkt des Körpers sich senkrecht über der Unterstützungsfläche befindet. Diese erhält man, wenn man die sechs Punkte umschreibt, mit denen die durch straffe Bänder fixierten Fussgewölbe aufruhen: Fersenhöcker, Höcker des fünften und Köpfchen des ersten Metatarsalknochens. Durch Auswärtsstellung der Füsse wird die Unterstützungsfläche vergrössert.

Als „natürliche Haltung" beim aufrechten Stehen nahm man früher diejenige an, welche mit minimaler Muskelanstrengung verbunden wäre, welche also hauptsächlich dadurch zu Stande käme, dass die Schwerkraft und die Spannung der Gelenkbänder sich das Gleichgewicht hielten.

Man dachte sich, dass dieselbe auf folgende Weise erhalten wird: Der Talus wird bei rechtwinkliger Haltung des Fusses zwischen den Knochen des Unterschenkels festgeklemmt. Die Kniee werden so durchgedrückt, dass Unterschenkel und Ober-

schenkel einen nach vorn offenen Winkel bilden, die Last strebt diesen Winkel zu vergrössern, was aber durch die Spannung der Ligg. lateralia verhindert wird. So ist die ganze untere Extremität in eine steife Stütze verwandelt. In gleicher Weise wird das Becken gegen die Oberschenkel fixiert. Es wird um die gemeinsame Hüftgelenkaxe so weit nach hinten geneigt, dass die Ligg. ileo-femoralia gespannt werden und ein weiteres Zurückfallen unmöglich machen. Auf dem Becken ruht der ganze Oberkörper; der Kopf endlich balanciert auf dem Atlas im Gleichgewicht.

Diese ganze Auffassung ist aber nach neueren Untersuchungen irrtümlich. Der Talus wird nicht festgeklemmt, die Ligg. lateralia und ileo-femoralia werden bei der natürlichen Haltung gar nicht in dem Maasse gespannt, um der Schwere der über ihnen befindlichen Teile das Gleichgewicht zu halten, und der Kopf sinkt ohne Muskelanstrengung nach vorn. Eine Haltung, bei der Unterschenkel, Oberschenkel und Becken in der obigen Weise gegeneinander fixiert werden, ist jedenfalls keine natürliche, man wird sie vielmehr als „Haltung der Muskelschwachen und der Greise“ bezeichnen müssen, und selbst bei dieser ist eine gewisse Muskelthätigkeit erforderlich.

Indessen giebt es in der That eine aufrechte Stellung, bei der nur minimale Muskelanstrengung erforderlich ist, die sog. Normalhaltung; sie ist identisch mit der Haltung eines in Rückenlage auf ebener Unterlage ruhenden Körpers. Dabei befindet sich der Schwerpunkt des Rumpfes senkrecht über der Hüftgelenkaxe, und diese senkrecht über der Fussgelenkaxe. Die Muskeln haben dann nur die Kniee gestreckt und die Wirbelsäule aufrecht zu halten.

Die wirkliche natürliche Haltung beim Stehen kommt dagegen durch vielfältige beständig corrigierte Muskelwirkung zu Stande, wobei nicht blos eine Muskelgruppe, sondern auch ihre Antagonisten thätig sind. Dabei bilden Unter- und Oberschenkel einen nach hinten wenig offenen Winkel so, dass die Mitte des Kniegelenks etwa 10 mm vor der Verbindungslinie des Fuss- und Hüftgelenks sich befindet. Die Hüftgelenkaxe liegt 5 cm vor der Fussgelenkaxe, dennoch erscheint das Becken nicht vorgeschoben, weil der Schwerpunkt nahezu senkrecht über der Hüftgelenkaxe liegt. Das Lot vom Gesamtschwerpunkt des

Körpers fällt auf diese Weise ungefähr 4 cm vor die Fussgelenkaxe. Hieraus ergiebt sich, dass beim Stehen in natürlicher Haltung, damit der Körper im Fussgelenk nicht nach vorn überbiegt, dauernd Muskelanstrengung, wenn auch geringe, nötig ist.

Die Correction der Muskelwirkung wird reflektorisch ausgelöst, vornehmlich durch das Druckgefühl der Fusssohlen, teils auch durch den Muskelsinn und durch den Gesichtssinn. Sind die sensiblen Bahnen für die unteren Extremitäten gelähmt (Tabes), so wirkt allein der Gesichtssinn; daher Kranke mit Tabes mit geschlossenen Augen unsicher stehen.

Sitzen.

Hierbei ruht die Last des Oberkörpers auf den Sitzknorren des Beckens und auf dem hinteren, dem Sitz aufliegenden Teil der Oberschenkel. Beim Sitzen ohne Rückenlehne muss die Thätigkeit der Rückenspanner die labile Gleichgewichtslage erhalten.

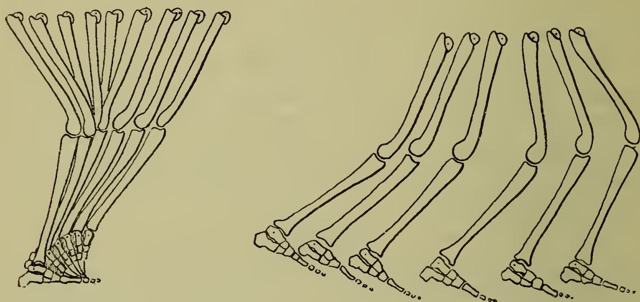
Gehen.

Beim Gehen wird der Schwerpunkt des Körpers durch die abwechselnde Thätigkeit beider Beine in horizontaler Richtung vorwärts bewegt. Dabei wechselt ein Zeitraum, in dem beide Beine aufstehen, ab mit einem Zeitraum, in dem das eine aufsteht, das andere vorbeischwingt. Der Körper ruht zeitweise nur auf einem Bein, welches ihn zuletzt vorwärts stösst, dasselbe Bein ist also erst „Stützbein“, dann „Stossbein“, während das andere pendelartig vorbeischwingt, „Hang- oder Schwungbein“.

Das Schwungbein kommt in leicht gebogener Lage auf den Boden an und wird zum Stützbein. Durch die dem Rumpf infolge der Stemmwirkung des anderen Beines schon erteilte Schwungkraft wird es um den jeweiligen Stützpunkt des Fusses als Drehpunkt nach vorn gedreht, bis der Oberschenkelkopf, der dabei eine kleine Senkung erfährt, vor dem Fussgelenk liegt.

Das Stützbein wird nun zum Stossbein, indem es in zunehmendem Maasse durch die Aktion der Streckmuskeln verlängert wird, so dass der Oberschenkelkopf mit einer kleinen Hebung nach vorn bewegt wird. Die Fusssohle wickelt sich dabei von der Ferse nach den Zehen zu ab. Durch die vollständige Streckung des Beines kommt der Stoss zu Stande, der den Schwerpunkt des Körpers nach vorn treibt. Jetzt erfolgt eine kleine Beugung im

Hüft- und Kniegelenk, das Bein wird für die fernere Unterstützung zu kurz, es wird zum Schwungbein.



Stützbein und Hangbein
nach Gebr. Weber.
Fig. 23.

Das Schwungbein, losgelöst vom Boden, hängt am Rumpfe und schwingt nach Art eines Pendels nach vorn, wobei es, um nicht am Boden zu schleifen, noch weiter im Knie- und Fussgelenk gebeugt wird. Ist das Schwungbein vorn angelangt, so wird es durch die Streckmuskeln gestreckt, kommt aber noch in leicht gebogener Haltung auf den Boden; es wird wieder Stützbein und fängt den infolge der Beugung des anderen Stützbeins nicht mehr unterstützten Körper auf.

Der Mensch fällt demnach bei jedem Schritt auf das vorgestellte Bein.

Den Zeitraum vom Niederkommen des Beines bis zu seiner Ablösung vom Boden nennt man die aktive Phase, den der Schwingung die passive Phase. Die Dauer eines Schrittes umfasst den Zeitraum zwischen dem Aufsetzen des einen und des anderen Beines.

Da der Stoss des Stossbeines seitlich vom Schwerpunkt angreift, so kommen seitliche Schwankungen des Körpers zu Stande, die durch die isochronen entgegengesetzt pendelnden Bewegungen der Arme ausgeglichen werden.

Je schneller wir gehen, um so niedriger werden die Schenkelköpfe getragen. Denn durch die niedrigere Haltung der Schenkelköpfe werden die Schritte länger, weil die Spannweite vergrössert

wird, und schneller, weil das schwingende Pendel, das Schwungbein, verkürzt wird.

Laufen.

Es wechselt ein Zeitraum, in dem kein Bein auf dem Boden steht, ab mit einem Zeitraum, in dem ein Bein auf dem Boden steht und das andere schwingt. Durch die energische Streckung der Beine wird der Körper gleichsam durch die Luft geworfen.

Sprung.

Hierbei ist die Geschwindigkeit, mit welcher der Körper durch die Beinstreckung in die Luft geworfen wird, noch grösser als beim Laufen. Geschieht der Wurf nur nach aufwärts, so erfolgt keine Progressivbewegung, „Sprung auf der Stelle“.

22. Stimme und Sprache.

A. Stimme.

Das Stimmorgan.

Die Stimmbildung geschieht im Kehlkopf; er ist physikalisch als eine membranöse Zungenpfeife zu betrachten. Die Stimmbänder (Lig. thyreo-arytaenoidea inf.) sind die membranösen Zungen; sie werden angeblasen durch den Exspirationsstrom, den die Lungen als Blasebalg liefern. Die Luftröhre stellt die Windlade, Rachen-, Nasen- und Mundhöhle das Ansatzrohr vor. Alle diese lufthaltenden Räume dienen zugleich der Resonanz.

Indem der Exspirationsstrom die sich oben berührenden und gespannten Stimmbänder in regelmässig sich wiederholende Schwingungen versetzt, übertragen sich diese Schwingungen auf die umgebende Luft und erzeugen darin ihnen gleiche longitudinale oder Verdichtungswellen, die wir als Ton wahrnehmen. Die Tonhöhe ist der Schwingungszahl in der Zeiteinheit proportional. Bei membranösen Zungen hängt die Schwingungszahl ab von ihrer Länge, Spannung und Dicke, ausserdem bei gleicher Zunge von der Stärke des anblasenden Stromes.

Bau des Kehlkopfs.

Die Knorpel des Kehlkopfes, die bei der Stimmbildung beteiligt sind, sind folgende:

1) Der Schildknorpel, Cart. cricoidea, auch Grundknorpel genannt, weil er für gewöhnlich während der Muskelaktion des Kehlkopfes feststeht, während sich die anderen Knorpel gegen ihn bewegen. Er besteht aus einem vorderen niedrigen, und einem hinteren hohen Teil, hat sonach die Form eines Siegelringes, dessen Stein nach hinten gelegen ist.

2) Der Schildknorpel, Cart. thyereoidea, auch Spannknorpel genannt, weil durch seine Bewegungen gegen den Ring-

knorpel die Spannung und Erschlaffung der Stimmbänder bewirkt wird. Er besteht aus zwei unter spitzem Winkel nach vorn zusammenstehenden Platten; er nimmt die vorderen und seitlichen Wände des Kehlkopfes ein. Durch die unteren Hörner ist er gelenkig mit den Seitenflächen des Grundknorpels verbunden; die Gelenkaxe, um die er sich gegen diesen dreht, liegt horizontal in der Frontalebene. Mittelst der oberen Hörner des Schildknorpels ist der Kehlkopf am Zungenbein aufgehängt.

3) Die beiden Giessbeckenknorpel, Cartt. arytaenoidei, Stellknorpel genannt, weil durch ihre verschiedene Stellung die Stimmritze erweitert oder verengert wird. Es sind zwei schmale dreiseitige Pyramiden, mit der Basis ziemlich dicht neben einander auf den hinteren oberen Rand der Cart. cricoidea artikulierend so gestellt, dass eine vordere Ecke (= Proc. vocalis) in das Kehlkopfinnere vorspringt, eine laterale Ecke (= Proc. muscularis) seitwärts nach aussen die Cart. cricoidea überragt und zwischen beiden Giessbecken-Knorpeln ein Raum bleibt, der je nach ihrer Stellung verschiedene Form zeigt. Die Giessbeckenknorpel drehen sich um eine verticale Axe, dadurch wird der Proc. vocalis nach aussen resp. nach innen, der Proc. muscularis nach hinten resp. vorn bewegt.

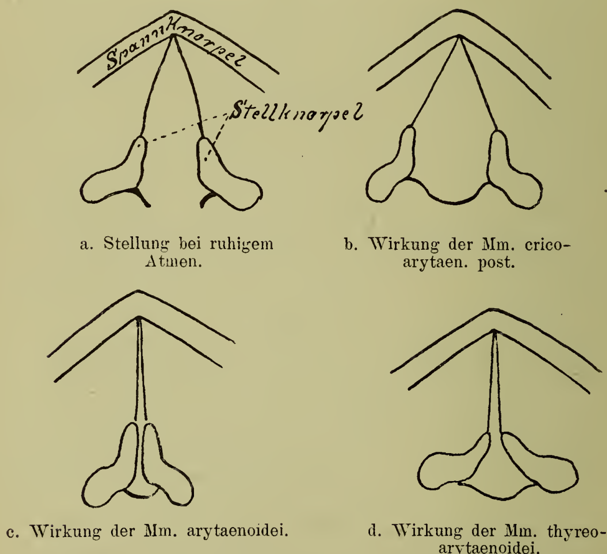
Die Stimmbänder, aus elastischem Gewebe bestehend und von Pflasterepithel überzogen, ziehen von der Hinterwand des Spannknorpels zur vorderen Ecke, dem Processus vocalis, des Stellknorpels. Bei ruhigem Atmen sind die beiden Stellknorpel und die Stimmbänder weit von einander entfernt und bilden annähernd ein gleichschenkliches Dreieck, Glottis respiratoria. Bei der Stimmbildung, Phonation, werden Knorpel und Stimmbänder bis zur Berührung genähert; der feine Spalt, der zwischen ihnen bleibt, ist die Stimmritze (Glottis vocalis).

Die Muskeln des Kehlkopfs dienen zum Verschluss und zur Öffnung der Stimmritze und zur Spannung der Stimmbänder.

Verschlossen wird die Stimmritze durch die Mm. crico-arytaenoidei laterales (von der Seitenfläche des Grundknorpels schräg nach hinten und oben zur äusseren Ecke, dem Processus muscularis, des Stellknorpels); sie drehen die Stellknorpel so um ihre vertikale Axe, dass die Procc. vocales zur Medianlinie rücken. Ferner durch die Mm. arytaenoidei transversi und obliqui (auf

der hinteren Fläche der Stellknorpel); sie nähern die ganzen Stellknorpel einander.

Geöffnet wird die Stimmritze durch die Mm. crico-arytaenoidei postici (von der hinteren Fläche des Grundknorpels schräg nach oben und lateral zum Proc. muscularis); sie drehen den Proc. vocalis nach aussen, sind also Antagonisten der Mm. crico-arytaenoidei laterales. Wirken sie mit diesen zusammen, so ziehen sie gemeinschaftlich den ganzen Stellknorpel nach aussen, und sind dann Antagonisten der Arytaenoidei.



a. Stellung bei ruhigem Atmen.

b. Wirkung der Mm. crico-arytaen. post.

c. Wirkung der Mm. arytaenoidei.

d. Wirkung der Mm. thyreo-arytaenoidei.

Fig. 24. Schema der Wirkungsweise der Kehlkopfmuskeln.

Gespannt werden die Stimmbänder durch die Mm. crico-thyreoidei, die den Spannknorpel und damit den vorderen Insertionspunkt der Stimmbänder nach unten und vorn ziehen.

Entspannt werden die Stimmbänder durch die Antagonisten des vorigen, durch die in den Stimmbändern selbst verlaufenden Mm. thyreo-arytaenoidei.

Die Mm. thyreo-arytaenoidei tragen auch zur Verengung der Stimmritze bei, indem der leicht nach aussen gebogene Stimmbandrand durch ihre Contraction grade gerichtet wird.

Innerviert werden der Crico-thyreoideus vom N. laryngeus sup., alle anderen Muskeln vom Laryngeus inf..

Zur Beobachtung der Stimmbänder dient der Kehlkopfspiegel (Laryngoskopie).

Die Höhe und Tiefe der Stimme.

Zufolge dem, was oben über die Tonhöhe bei Zungenpfeifen gesagt ist, ist die menschliche Stimme um so höher, je kürzer, je gespannter und je dünner die Stimmbänder sind.

Wegen grösserer Kürze und Dünne der Stimmbänder haben Kinder eine höhere Stimme als Frauen, Frauen eine höhere als Männer. Bei diesen sind die Stimmbänder etwa 18 mm lang, bei Frauen 13 mm, bei Kindern 11 mm.

Bei ein und demselben Individuum kann die Stimme erhöht werden durch stärkere Spannung der Stimmbänder vermittelst der Spanner-Muskeln. Zweitens bei gleicher Spannung durch stärkeres Anblasen.

Soll umgekehrt bei stärkerem Anblasen, bei lauterem Singen die Tonhöhe dieselbe bleiben, so muss in gleichem Maasse eine Entspannung der Stimmbänder erfolgen; ebenso bei schwächerem Anblasen, bei leiserem Singen, eine Anspannung: Compensation der Kräfte am menschlichen Stimmorgan. Von der Ausbildung dieser Compensation hängt auch die Sicherheit des Stimmeinsatzes bei beliebiger Tonstärke ab. Ein wie ausserordentlicher Grad der Sicherheit hierin von geübten Sängern erreicht wird, beweist der Umstand, dass ihnen das Treffen des beabsichtigten Tones bis auf Fehler von 1 % der Schwingungszahl gelingt.

Damit überhaupt die Stimmbänder in Schwingung versetzt werden, bedarf es eines Exspirationsstosses von mindestens 12 bis 15 mm Quecksilberdruck.

Stimmregister.

Die menschliche Stimme hat zwei Register, die Brust- und die Falsett- oder Fistelstimme. Die tiefsten Töne werden mit der Brust-, die höchsten mit der Fistelstimme gesungen. Dazwischen liegt eine Skala, die auf beiden Registern gegeben werden kann.

Der Unterschied zwischen beiden Registern besteht darin,

dass die Resonanz bei den tiefen Tönen der Bruststimme vorwiegend im Thorax stattfindet, bei den hohen Tönen der Fistelstimme vorwiegend in den oberen Lufträumen (Mund, Rachen, Nasenhöhle). Ausserdem sollen bei der Fistelstimme die Stimmbänder nur teilweise schwingen

a) entweder mit einem schmalen Saum (= innere Kante der Stimmbänder),

b) oder der Länge nach in mehreren Teilen mit Bildung fester Knotenpunkte (partielle Contractionen der M. thyreo-arytaen. int.).

Umfang der Stimme.

Darunter versteht man die Gesamtheit der Töne, die ein Individuum hervorbringen kann. Die Bruststimme eines jeden Menschen umfasst etwa 2 Oktaven. Man unterscheidet:

Bass:	die Töne	liegen	zwischen	E (80)	und	f' (342)
Tenor:	„	„	„	c (128)	und	c'' (512)
Alt:	„	„	„	f (171)	und	f'' (684)
Sopran:	„	„	„	c' (256)	und	c''' (1024).

Die beigefügten Zahlen geben die Schwingungszahl des betreffenden Tones in 1 Sekunde an.

Die menschliche Stimme überhaupt umfasst demnach etwa 4 Oktaven.

Ausnahmsweise wurde vom Bass das Contra F (42 Schwingungen), vom Sopran das a''' (1708 Schwingungen) erreicht.

Klangfarbe.

Die Klangfarbe hängt ab von der Zahl und Stärke der Obertöne, die sich zu dem im Kehlkopf erzeugten Grundton mischen. Die Obertöne entstehen dadurch, dass die in den Hohlräumen über und unter dem Kehlkopf befindliche Luft in Mitschwingung versetzt wird. Von besonderer Bedeutung für die Unterscheidung der Vokale sind die Obertöne des Ansatzrohres, die von der Configuration desselben abhängen.

Brust- und Fistelstimme in der beiden gemeinsamen mittleren Skala unterscheiden sich ebenfalls nur durch die Klangfarbe (s. u.).

Jeder Mensch hat ein ihm eigentümliches Stimm-Timbre; dasselbe hängt von der Gestaltung aller dem Stimmorgan zugehörigen Räume ab.

B. Sprache.

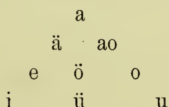
Die Sprache setzt sich zusammen aus Sprachlauten; diese werden eingeteilt in Vokale und Consonanten. Vokale sind Klänge, Consonanten Geräusche.

Vokale.

Sie entstehen dadurch, dass, wie schon erwähnt, zu dem im Kehlkopf gebildeten Grundton sich die Töne des Ansatzrohres, das aus Rachen und Mundhöhle besteht, als Obertöne mischen, während die Nasenhöhle abgeschlossen ist. Fehlt dieser Abschluss, so entstehen näselnde Laute.

Diese Eigentöne des Ansatzrohres werden durch die verschiedene Configuration desselben hervorgebracht, sie heissen Formanten der Vokale. Jeder Vokal hat ein oder zwei ihm eigentümliche Formanten.

Die Gestalt des Ansatzrohres stellt beim A einen nach vorn offenen Trichter dar, beim I zwei an demselben kurzen Stiel sitzende Birnen (der schmale, kurze Stiel liegt zwischen der emporgewölbten Mitte der Zunge und dem harten Gaumen), beim U eine Retorte mit weitem und nach hinten und unten gebogenem Halse. Alle anderen Vocale werden durch Mundstellungen gebildet, die Übergangsformen von der einen zur anderen dieser extremen Configurationen sind. Man kann daher folgendes Diagramm für das natürliche System der Vokale aufstellen:



Die Formanten lassen sich auf analytischem und synthetischem Wege ermitteln. Bei der Analyse gebraucht man Resonatoren, die nur auf einen Ton abgestimmt sind. Man lässt einen Vokal erklingen und probiert aus, welcher von den Resonatoren mittönt. Bei der Synthese lässt man Stimmgabeln, die auf die Formanten abgestimmt sind, zusammen ertönen.

Diphthonge.

Sie entstehen, wenn man aus der Mundstellung für den einen Vokal schnell in die für den anderen übergeht.

Flüstersprache.

Bei ihr findet, im Gegensatz zur lauten Sprache, keine Stimmgebung im Kehlkopf statt. An den mässig von einander entfernten Stimmbändern wird nur ein Reibungsgeräusch erzeugt.

Consonanten.

Die Consonanten sind Reibungsgeräusche. Sie entstehen, wenn der Expirationsstrom mit einiger Kraft durch eine Enge hindurch gepresst wird. Sie können (ausser H) mit und ohne Stimme gegeben werden; z. B. wird B mit Stimme, P ohne Stimme gesprochen. (Die Ausdrücke „hart" und „weich" beruhen auf einer unvollkommenen Vergleichung und sind unphysiologisch.)

Die Engen, an denen der Expirationsstrom ein Hindernis erfährt, werden Artikulationsstellen genannt; es giebt deren 4:

1. zwischen Unterlippe und Oberlippe oder oberen Schneidezähnen;

2. zwischen Zungenspitze und Schneidezähnen oder Alveolarrand;

3. zwischen Zungenrücken und Gaumen;

4. im Kehlkopf.

An diesen Artikulationsstellen kann nun:

1. das Thor offen stehen, es entsteht eine Reibung, dann entstehen die Reibungslaute;

2. das Thor geschlossen sein, so dass es gesprengt wird, dann entstehen Verschlusslaute oder Explosivae;

3. das Thor kann abwechselnd geöffnet und geschlossen werden, seine Wand in Schwingungen versetzt werden, dann entstehen Zitterlaute, R-Laute;

4. das Thor kann geschlossen sein und der Luftstrom entweicht durch die Nase, es entstehen die Resonanten oder Rinophone oder, da sie den Übergang von den Vocalen zu den Consonanten bilden, auch Semivocales genannt.

Bei den Reibungslauten ist noch zu bemerken, dass der Exspirationsstrom bei einigen nicht wie gewöhnlich durch die Mitte entweicht, sondern seitlich, so an der zweiten Artikulationsstelle bei L, oder allseitig, so ebenfalls an der zweiten Artikulationsstelle bei Sch (ohne Stimme) und J (mit Stimme in jamais). Sch[1]) ist ein einfacher Laut, obgleich wir ihn mit drei Consonanten

---

[1]) Sch unterscheidet sich von stimmlosem S durch Vorstülpen der Lippen.

schreiben; einige Sprachen (Sanskrit, Semitisch, Altslavisch, Russisch) haben auch ein eignes und einfaches Lautzeichen für das klanglose Sch.

Hieraus ergiebt sich folgendes Schema für die Consonanten:

Artikulationsstellen		Reibungslaute	Verschlusslaute	Zitterlaute	Resonanten
Lippenthor	mit Stimme	W	B	Kutscher-R	m
	ohne Stimme	F (V)	P		
Zungenthor	mit Stimme	weiches S, L	D	gewöhnl. R	n
	ohne Stimme	scharfes S, Sch	T	oder Zungen-R	e
Rachenthor	mit Stimme	J	G	Uvular-R	ng
	ohne Stimme	Ch	K		
Kehlkopfthor	mit Stimme			Kehlkopf R	
	ohne Stimme	H	arab. Hamze		

Wir haben bisher immer die Annahme gemacht, dass die Sprachlaute zu stande kommen durch den Exspirationsstrom; dies ist auch bei den Sprachen aller gebildeten Völkern der Fall.

Eine Ausnahme machen die Zulu-Sprachen, bei denen die Schnalzlaute (z. B. das C in Cetewajo) Inspirationslaute sind. Solche Schnalzlaute werden von den Zulus an allen erwähnten Artikulationsstellen gebildet.

Auch die „Jodler“ oder „Jauchzer“ der Alpenbewohner werden meist inspiratorisch gebildet.

Bei den Tieren sind die Laute ebenfalls vorwiegend exspiratorisch. Beim Gesang der Vögel spielen indessen Inspirationslaute eine grosse Rolle. Pferd und Esel können ebenfalls vermittelst des Inspirationsstromes die Stimmbänder in schwingende Bewegung versetzen. Das Wiehern des Pferdes, das Schreien des Esels erfolgt teils inspiratorisch teils exspiratorisch. Das Grunzen und Quietschen der Schweine erfolgt vorwiegend inspiratorisch. Das Pfeifen der Murmeltiere ist ein Inspirationslaut.

Einleitung zur Sinnesphysiologie.

Der adäquate Reiz. Empfindung.

Die Sinnesorgane stellen peripherische Endapparate der sensiblen Nerven dar, die normaler Weise auf einen bestimmten Reiz hin, den adäquaten Reiz, den Erregungsprozess in dem ihm zugehörigen Nerven auslösen. So sind für das Auge gewisse Ätherschwingungen, für das Ohr gewisse Luftschwingungen der adäquate Reiz. Doch kann die Erregung auch durch verschiedene andere Reize ausgelöst werden gerade so, wie beim motorischen Nerven die verschiedensten Reize Zuckung des zugehörigen Muskels hervorrufen.

Den der Erregung der sensiblen Nerven parallel gehenden geistigen Vorgang nennen wir Empfindung.

Einteilung der Empfindungen.

Wir unterscheiden die Empfindungen ihrer Modalität nach in solche, zwischen denen keine Übergänge möglich sind (Gesicht, Gehör, Geschmack u. s. w.); jeder derselben wird uns durch besondere Nerven vermittelt. Doch ist die Natur des Erregungsvorganges in allen diesen Nerven die nämliche.

Auf die Thatsache, dass bei einigen dieser Nerven jeder überhaupt wirksame Reiz nur die dem Nerven eigentümliche Empfindungsmodalität auslöst, dass z. B. mechanische, elektrische Reizung des Opticus immer nur Lichtempfindung bewirkt, hat man das Gesetz der spezifischen Energie des Sinnesnerven begründet. Dies ist aber nach neueren Untersuchungen nicht in dem früheren Sinne aufzufassen, dass dem Nerven selbst oder seiner Verbreitung oder Endigung die bestimmte Sinnesempfindung als eine in seiner Struktur begründete qualitas occulta zukäme, sondern vielmehr so, dass die verschiedene Form des Erregungsvorganges die verschiedene Empfindungsmodalität (bez. Qualität s. u.) bewirkt.

Innerhalb jeder Modalität unterscheiden wir wieder die Empfindungen nach ihrer Qualität (rotes und grünes Licht), nach ihrer Quantität (Intensität) (helles und dunkles Licht) und nach ihrem Gefühlston (ob sie mit Lust- oder Unlustgefühl) verbunden sind.

Intensität der Empfindung.

Während ganz schwache Reize noch unwirksam sind, fangen sie, bis zu einem bestimmten Grade verstärkt, eben an, zu wirken, „Reizschwelle" oder „Schwellenwert der Empfindung". Die kleine Zunahme des Reizes, welche bei gegebener Empfindung die erste wahrnehmbare Zunahme derselben bewirkt, heisst „Unterschiedsschwelle".

Wir nehmen mit unseren Sinnen in Bezug auf die Intensität nur Relationen, nicht absolute Grössen wahr, nur Empfindungsunterschiede, nicht Empfindungsstärken. So ist das Auge ein relatives, aber kein absolutes Photometer.

„Die Zunahme des Reizes, die eine gleich merkliche Zunahme der Empfindung bewirkt, steht zur ganzen Reizgrösse in einem constanten Verhältnis. Es muss der Reiz um so mehr verstärkt werden, um noch einen Zuwachs der Empfindung hervorzurufen, je grösser die Empfindung vorher war". Diesen Satz, den E. H. Weber für einzelne Sinnesgebiete gefunden hatte, erweiterte G. Fechner zum psychophysischen Gesetz für alle Sinnesgebiete: „Die Empfindungen wachsen nicht wie die absoluten Grössen der Reize, sondern annähernd wie die Logarithmen der Reizgrössen".

Dieses Getz ist erstlich nicht, wofür man es gehalten, psychophysischer Natur, d. h. es bestimmt nicht die Wechselwirkung zwischen Aussen- und Innenwelt, zwischen körperlichen und geistigen Vorgängen. Denn Empfindung kann sich nur an Empfindung messen, es giebt keine Brücke von den physischen Vorgängen zu den psychischen. Es ist das Gesetz vielmehr lediglich ein psychisches Gesetz.

Aber auch als solches ist es zweitens in dieser Allgemeingültigkeit nicht richtig. Denn es lassen sich Versuchsbedingungen treffen, wo die Empfindungsgrösse sich annähernd direkt proportional zur Reizgrösse verhält.

Es ist demnach dieses Weber-Fechner'sche Gesetz nur der mathematische Ausdruck für einen unter bestimmten Bedingungen

eintretenden Spezialfall eines allgemeineren psychologischen Gesetzes, des Gesetzes nämlich von der Relativität unserer inneren Zustände.

Dauer der Empfindung.

In Bezug auf die Dauer lässt sich sagen, dass in einigen Modalitäten (Gesicht, Gefühl) die Empfindung den Reiz überdauert, Nachempfindung.

Bedeutung der Empfindung.

Die Empfindungen sind rein geistige Vorgänge in uns; Licht, Ton, Geruch u. s. w. existieren nicht ausser uns, kommen nicht etwa objektiv dem adäquaten Reiz zu. Es entsprechen ihnen vielmehr lediglich materielle Veränderungen unseres Körpers, die durch innere oder äussere chemisch-physikalische Vorgänge hervorgerufen werden.

Die Umwandlung der Sinnesempfindungen in Wahrnehmungen und deren Deutung kommt nach der „empiristischen Theorie" nur durch Erfahrung zu Stande. Danach sind die Empfindungen Wirkungen, welche durch äussere Ursachen in unseren Organen hervorgebracht werden. Sie sind als Zeichen (nicht als Abbild!) zu betrachten, und indem Gleiches in unserer Empfindungswelt durch gleiche Zeichen angezeigt wird, geben sie uns eine Abbildung der Gesetzmässigkeit in den Vorgängen der wirklichen Welt (Helmholtz).

Dennoch hat die „nativistische Theorie" soweit Recht, als uns gewisse Formen der Anschauung und des Verstandes (Raum, Zeit, Causalität. Kant) angeboren, „a priori" gegeben sind.

---

23. Gesichtssinn.

Wir sehen die Objekte der Aussenwelt durch Vermittelung des Lichtes, welches von ihnen her in unser Auge als adäquater Reiz auf den peripherischen Endapparat des N. opticus, die Netzhaut, fällt.

Die in der Netzhaut ausgelöste Erregung wird durch den Sehnerven dem Gehirn zugeleitet; dementsprechend erhält unser Bewusstsein die Vorstellung von gewissen im Raum befindlichen Gegenständen. Demnach werden wir zu betrachten haben:

I. Die Lehre von den Wegen des Lichtes im Auge oder, da es sich hier fast nur um Lichtbrechung handelt, die Dioptrik des Auges.

II. Die Lehre von den Empfindungen des Sehnervenapparates.

III. Die Lehre von den Gesichtswahrnehmungen.

I. Die Dioptrik des Auges.

Das menschliche Auge gleicht einer photographischen Camera obscura. Die vorn befindliche Convexlinse derselben ist im Auge ersetzt durch ein System brechender Flächen; die lichtempfindliche Platte stellt die Netzhaut dar. Dass auch auf diese ein umgekehrtes reelles verkleinertes Bild der aussen befindlichen Gegenstände entworfen wird, lässt sich direkt durch den Versuch an dem herausgeschnittenen Auge eines albinotischen Kaninchens zeigen; durch die Sklera sieht man das auf die Netzhaut geworfene Bild durchscheinen.

Brechende Medien.

Während bei der Camera obscura nur ein brechendes Medium, das Glas der Linse, in Betracht kommt, muss der zur Netzhaut gehende Lichtstrahl folgende fünf brechende Medien durchsetzen:

1. Die Thränenschicht, welche die Cornea überzieht,
2. die Cornea,
3. den Humor aqueus der vorderen Kammer,
4. die Linse,
5. den Glaskörper.

Es hat sich nun herausgestellt, dass der „Brechungsexponent“ (-index) der Thränenschicht vor der Cornea, der Cornea selbst, des Humor aqueus und des Glaskörpers fast genau gleich sind, nämlich (der Brechungsexponent der Luft = 1 gesetzt) = 1,34, also etwas grösser als der des Wassers = 1,33. Die Linse, die beim Menschen etwa 4 mm dick ist, besteht aus concentrischen Schichten, deren Brechungsvermögen continuierlich von aussen nach innen zum Linsenkern zunimmt. Durch die Schichtung ist aber erreicht, dass das gesamte Brechungsvermögen der Linse noch grösser ist, als wenn sie bei gleicher äusserer Gestalt nur aus ihrer Kernsubstanz bestände.

Für das Folgende nehmen wir der Vereinfachung halber an, dass die Linse gleichmässig aus einer Substanz gebildet ist, deren Brechungsvermögen (Luft = 1 gesetzt) 1,45 beträgt, sodass die brechende Wirkung dieser hypothetischen Linse gleich der der wirklichen geschichteten ist.

Wir haben dann für die Berechnung des Ganges der Lichtstrahlen nur 3 brechende Medien:

1. ein vorderes, vor der Linse gelegenes (Thränenschicht + Cornea + Humor aqueus),
2. die Linse,
3. ein hinteres, der Glaskörper, von gleichen Brechungsexponenten wie 1.

Die Stärke der Lichtbrechung bei dem Übergang von einem Medium in ein anderes hängt zunächst von dem Verhältnis ihrer Brechungsexponenten ab, also

$$\frac{\text{vorderes Medium}}{\text{Luft}} = \frac{1{,}34}{1},$$

$$\frac{\text{Linse}}{\text{vorderes Medium}} = \frac{1{,}45}{1{,}34},$$

$$\frac{\text{Glaskörper}}{\text{Linse}} = \frac{1{,}34}{1{,}45}.$$

Hieraus ergiebt sich, dass die Lichtbrechung zwischen Luft und vorderem Medium stärker ist als zwischen Humor aqueus und Linse oder Glaskörper und Linse.

Die lichtbrechenden Flächen.

Die Stärke der Lichtbrechung zwischen zwei Medien hängt zweitens (ausser ihrem gegebenen Brechungsvermögen) von der Gestalt ihrer Flächen ab.

Im Auge haben wir drei brechende Flächen:

1. die Vorderfläche der Cornea (als Begrenzung des vorderen Mediums),
2. die vordere Linsenfläche,
3. die hintere Linsenfläche.

Alle drei Flächen sind in ihrem mittleren Abschnitt, der für das Sehen in Betracht kommt, annähernd sphärische Flächen, weichen aber nach der Peripherie davon mehr oder weniger ab. Die Grösse ihrer Krümmung wird ausgedrückt durch die Grösse ihres Krümmungshalbmessers (je grösser dieser, um so weniger stark die Krümmung). Es beträgt:

der Krümmungshalbmesser der Vorderfläche der Cornea (in ihrem Scheitel) = 8 mm,

der Krümmungshalbmesser der vorderen Linsenfläche (bei erschlaffter Accomodation) = 10 mm,

der Krümmungshalbmesser der hinteren Linsenfläche = 6 mm.

Die genaue Bestimmung dieser Maasse ist nur am lebenden Auge möglich; sie geschieht mit Hülfe des Ophthalmometers.

Die Krümmungsmittelpunkte dieser drei Flächen liegen nahezu auf einer graden Linie, der „optischen Augenaxe", welche vom Scheitel der Hornhaut durch die Mitte des Auges geht (f_1 f_2 Fig. 25).

Das Auge stellt demnach ein centriertes System brechender Flächen dar.

Gang der Lichtstrahlen im Auge.

Die Zurückführung des Auges auf ein optisches centriertes System von drei brechenden sphärischen Flächen und zwei Medien mit verschiedenen Brechungsexponenten haben das sog. „schematische Auge" ergeben. An diesem kann man mit Hülfe optisch-mathematischer Gesetze den Gang eines Lichtstrahles construieren. Dabei hat sich ergeben, dass man für die gewöhnliche Betrachtung, ohne zu grosse Fehler zu begehen, eine noch weitere Vereinfachung vornehmen kann.

Man denkt sich dann, dass das Auge besteht aus nur einem brechenden Medium vom Brechungsexponenten des Humor aqueus = 1,34, mit einer vorderen convexen Fläche ll, deren Krümmungsmittelpunkt den Knotenpunkt K bildet; „das reducierte Auge". f_1 f_2 ist die optische Axe des reducierten Auges.

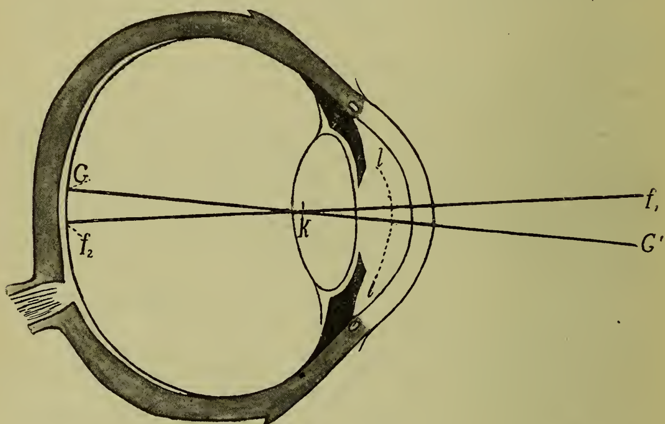


Fig. 25. Das reducierte Auge.
f_1 f_2: die optische Axe, G G_1: Gesichtslinie oder Sehaxe.

In einem solchen reducierten Auge kann man für einen bestimmten Objektpunkt den zugehörigen Bildpunkt leicht finden; es ist die Stelle, an welcher eine Linie vom Objektpunkt durch den Knotenpunkt gezogen die Netzhaut trifft. Eine derartige Linie heisst Richtungslinie oder Sehstrahl; für mehrere solche Linien ist der Knotenpunkt der Kreuzungspunkt der Richtungslinien.

Der von zwei Richtungsstrahlen eingeschlossene Winkel am Knotenpunkt heisst der Sehwinkel oder Gesichtswinkel.

Diejenige Richtungslinie, welche die Fovea centralis trifft, die Stelle des deutlichsten Sehens, heisst Gesichtslinie oder Sehaxe (G G_1 Fig. 25). Sie fällt nicht mit der Augenaxe zusammen, sondern bildet mit ihr einen Winkel (von 4^0—7^0).

Das Bild, das eine sphärische Linse von einer ebenen Fläche entwirft, ist sphärisch gekrümmt. Daher erscheinen auf der Platte der Camera obscura, wenn der centrale Teil des Bildes scharf

eingestellt ist, die peripherischen Teile verwaschen und verzerrt, weil für sie der Ort des deutlichen Bildes weiter vorn liegt. Der Hintergrund des Auges stellt nun eine Hohlkugelfläche vor, wobei die peripherischen Teile mehr nach vorn liegen als das Centrum; daher erscheinen auf der Netzhaut auch die seitlichen Teile des Objektes scharf im Bilde wieder. Die Netzhaut ist gewissermassen für alle Punkte des Gesichtsfeldes nahezu gleich gut eingestellt. Diese Eigenschaft des Auges nennt man seine Periscopie.

Chorioidea und Iris.

Wie in allen optischen Instrumenten die Innenwände geschwärzt sind, damit nicht die einfallenden Lichtstrahlen, die auf sie treffen, reflektiert und unregelmässig zerstreut werden, so verhindert im Auge das reichliche schwarze Pigment der Chorioidea und Iris, dass die Lichtstrahlen, nachdem sie die Netzhaut durchsetzt haben, in erheblichem Maasse reflektiert werden. Der schwarze Augenhintergrund absorbiert vielmehr den grössten Teil des einfallenden Lichtes. Bei den Albinos (Kakerlaken), denen das Pigment fehlt, ist das Sehen bei hellem Licht infolge der auftretenden Blendung gestört.

Die Iris hat ausserdem noch zwei besondere Funktionen:

1. dient sie als Blende. Eine stärker gekrümmte sphärische Fläche vereinigt die parallel auffallenden Strahlen nicht in einem Punkt, sondern in einer gekrümmten Fläche, der diakaustischen Brennfläche, weil die Randstrahlen stärker gebrochen werden als die centralen. In den optischen Instrumenten bringt man daher Blenden an, welche die störenden Randstrahlen abhalten und nur die annähernd gleich stark gebrochenen axialen Strahlen einlassen. Genau dasselbe bewirkt die Iris.

2. reguliert die Iris vermittelst der beiden in ihr befindlichen Muskeln (Sphincter und Dilatator) auf reflektorischem Wege die Menge des einfallenden Lichtes. Je grösser diese ist, um so kleiner ist die Pupille, wodurch die Netzhaut vor der schädlichen Wirkung zu starken Lichtes geschützt wird. Im Dunkeln hat die Pupille maximale Weite, etwa 10 mm.

Augenleuchten und Augenspiegel.

Die Pupille des Auges erscheint dunkel, weil erstlich, wie schon erwähnt, nur ein sehr geringer Teil des einfallenden

Lichtes vom Augenhintergrund reflektiert wird; zweitens weil von dieser geringen Lichtmenge unter gewöhnlichen Umständen nichts in das Auge des Beobachters gelangen kann. Denn die reflektierten Strahlen legen denselben Weg zurück, den sie gekommen; wie sie von einem leuchtenden Punkte ausgegangen sind zur Netzhaut, so kehren sie von der Netzhaut wieder zu

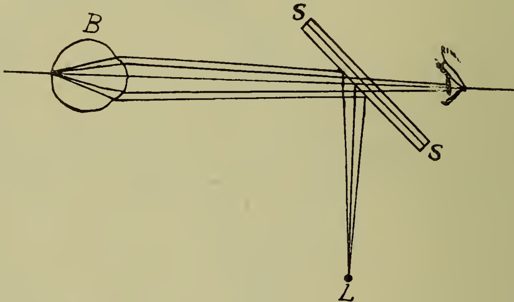


Fig. 26. Prinzip des Augenspiegels.

demselben leuchtenden Punkte zurück. Das Bild der Netzhaut liegt nach dem Gesetz der Reciprocität im Objektpunkt, der Lichtquelle. Das Auge des Beobachters müsste sich also zwischen Lichtquelle und beobachtetes Auge einschieben, würde dadurch aber die von der Lichtquelle in das beobachtete Auge fallenden Strahlen absperren.

Wenn es dagegen gelingt, die Lichtquelle zwischen beobachtendes und beobachtetes Auge so einzuschieben, dass das Auge des Beobachters nicht geblendet wird, wenn also in derselben Richtung, in welcher das Auge des Beobachters in das beobachtete Auge sieht, zu gleicher Zeit Licht gelangt, dann muss der Augenhintergrund hell erscheinen. Dies erreichte Helmholtz in der That dadurch, dass er vor das beoachtete Auge eine planparallele Glasplatte (S. S. Fig. 26) unter einem Winkel von 45° gegen die Augenaxe brachte. Eine seitliche Lichtquelle (L) wirft Strahlen auf diese Platte, die zum Teil in das beobachtete Auge reflektiert werden. Diese reflektierten Strahlen werden nun zum Teil wieder vom Augenhintergrund reflektiert und gelangen durch die Glasplatte in das Auge des Beobachters; das beobachtete Auge erscheint hellrot, es leuchtet.

Die pigmentlosen Augen der Albinos (s. o.) reflektieren so viel Licht, dass auch unter gewöhnlichen Umständen das Auge rot erscheint.

Ebenso zeigen viele Tiere, bes. die nächtlichen Raubtiere (Katze, Fuchs, Hyäne) das Augenleuchten; bei ihnen findet sich statt einer gleichmässig schwarzen Fläche eine metallisch glänzende stark reflektierende Membran im Augenhintergrund, das sog. Tapetum.

Mit der obigen Lösung des Problems des Augenleuchtens war auch im Princip der Augenspiegel gegeben. Es war nur noch nötig, dafür zu sorgen, dass man den Augenhintergrund nicht nur erleuchtet, sondern auch deutlich sieht, dass also die aus dem beobachteten Auge reflektierten Strahlen sich in Punkten schneiden, die in der deutlichen Sehweite des beobachtenden Auges liegen. Dies erreicht man, indem man eine Sammellinse von kurzer Brennweite vor das beobachtete Auge hält; dann sieht der Beobachter innerhalb seiner deutlichen Brennweite ein umgekehrtes reelles Bild des Augenhintergrundes (Beobachtung im umgekehrten Bild). Bringt man an Stelle der Convexlinse eine Zerstreuungslinse, so werden die reflektierten Strahlen so divergent gemacht, dass ihre Vereinigung erst auf der Netzhaut des Beobachters in einem aufrechten virtuellen Bilde stattfindet (Beobachtung im aufrechten Bilde). Statt der schief gestellten Glasplatten wendet man jetzt in der Mitte durchlochte Plan- oder Hohlspiegel an.

Accommodation.

Ein deutliches Sehen findet nur dann statt, wenn alle von einem Objectpunkt in das Auge fallenden Strahlen sich wieder in einem Punkt, dem Bildpunkt, auf der Netzhaut vereinigen.

Beim ruhenden Auge, wie wir es bisher betrachtet haben, werden nur solche Strahlen auf der Netzhaut zum Bildpunkt vereinigt, die von einem Objectpunkt aus unendlicher Entfernung kommend parallel einfallen. Nahe Objectpunkte haben erst hinter der Netzhaut ihren Bildpunkt, auf der Netzhaut selbst geben die noch nicht vereinigten Strahlen einen Bildkreis, Zerstreuungskreis. Die Zerstreuungskreise benachbarter Objectpunkte überdecken sich teilweise. Daher kann das ruhende Auge nahe Objecte nicht deutlich sehen.

Damit nun auch von nahen Objectpunkten in der Netzhaut Bildpunkte entstehen, müssen die einfallenden Strahlen stärker gebrochen werden, das Auge muss seine lichtbrechende Kraft vergrössern. Dies geschieht durch eine Gestaltveränderung der Linse, welche in einer stärkeren Krümmung bes. der vorderen Fläche derselben besteht. Diese Fähigkeit des Auges, sich auf Objecte in verschiedener Entfernung scharf einzustellen, heisst seine Accommodation.

Bei stärkster Accommodation verkleinert sich der Krümmungsradius der vorderen Linsenfläche von 10 auf 6 mm, der der hinteren von 6 auf 5,5 mm. Infolge dieser Verdickung der Linse rückt die Vorderfläche nach vorn nach der Cornea zu und schiebt den ihr aufliegenden Irisrand gleichfalls nach vorn, während die hintere Linsenfläche infolge des Widerstandes des Glaskörpers fast unverändert an ihrem Ort bleibt.

Die Fähigkeit des Auges, sich dem Sehen für die Nähe und Ferne anzupassen, wird durch den Pater Scheiner'schen Versuch demonstriert. Wenn man durch zwei kleine Stichöffnungen in einem Kartenblatt, deren gegenseitiger Abstand kleiner als der Durchmesser der Pupille ist, auf einen nahen leuchtenden Punkt blickt, so erscheint derselbe einfach, sieht man an ihm vorbei in die Ferne, so erscheint er doppelt. Im ersteren Falle haben sich die beiden von dem leuchtenden Punkt durch die Stichöffnungen in das Auge gelangenden Strahlenbündel auf der Netzhaut vereinigt, im letzteren Fall treffen sie dort an zwei Stellen die Netzhaut, und ihre Vereinigung findet erst hinter derselben statt.

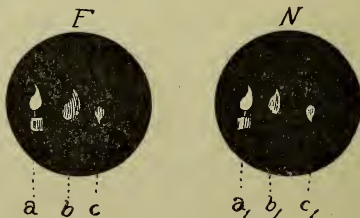


Fig. 27. Die Purkinje-Sanson'schen Bildchen beim
Fernsehen Nahsehen.

Die Veränderungen selbst, die bei der Accommodation eintreten, lehren die Purkinje-Sanson'schen Bildchen kennen.

Wird im Finstern ein Auge von der einen Seite her durch eine Kerzenflamme beleuchtet und von der anderen Seite beobachtet, so erblickt man auf dem dunklen Hintergrund der Pupille drei Spiegelbildchen der Flamme:

1. ein helles aufrechtes von der Hornhaut,

2. ein aufrechtes, grösseres aber lichtschwächeres von der vorderen Linsenfläche,

3. ein umgekehrtes, stark verkleinertes noch lichtschwächeres von der hinteren Linsenfläche.

Bei der Accommodation verändert sich 1 gar nicht, 2 wird erheblich kleiner und rückt näher an 1, 3 wird nur wenig kleiner. Die Spiegelbilder von sphärischen Spiegeln sind um so kleiner, je kleiner ihr Krümmungsradius, je gewölbter also die Spiegelfläche ist, woraus sich die oben angegebenen Gestaltveränderungen der Linse ergeben.

Mechanismus der Accommodation (nach Helmholtz).

Das ruhende Auge ist für die Ferne eingestellt. Bei dieser Ruhestellung wird durch das Ligamentum suspensorium lentis s Zonula Zinnii die Linse fixiert und durch die Spannung des Bandes infolge des intraocularen Druckes ein Zug auf den Äquatorialrand derselben ausgeübt, so dass der Äquatorialdurch-

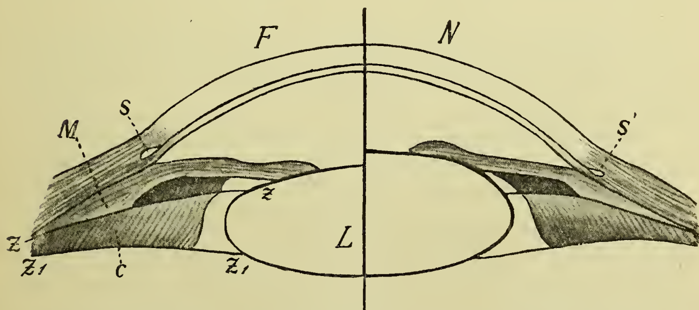


Fig. 28. Gestaltveränderung der Linse bei der Accommodation nach Helmholtz. *F:* Ferne, *N:* Nähe, *M:* M. ciliaris, *Z Z Z*, Z_1*:* Zonula Zinii, *C:* Ciliarfortsatz. *L:* Linse.

messer grösser, der Dickendurchmesser kleiner, die Flächen also weniger gewölbt sind. Bei der Einstellung für die Nähe wird durch die Contraction des aus glatten Muskelfasern bestehenden M. Tensor chorioideae s. Ciliaris die Ursprungsstelle der

Zonula Zinnii an der Chorioidea nach vorn gezogen und damit die Spannung der Zonula vermindert. Das bewirkt, dass die Linse, ihrer Elasticität folgend, sich stärker wölbt.

Die Richtigkeit dieser Helmholtz'schen Theorie über den Mechanismus der Accommodation ist neuerdings in Frage gestellt worden.

Innerviert wird der Accommodationsmuskel von den Nn. ciliares breves, die im Ganglion ciliare mit Neuronen des Oculomotorius in Kontakt treten.

Mit der Accommodation ist die Contraction des M. Rectus internus und des Sphincter iridis (Convergenz der Augenaxen und Pupillenveränderung) associiert.

Grenzen der Accommodation.

Der weiteste Punkt, der deutlich gesehen werden kann, und auf den das ruhende Auge eingestellt ist, heisst der Fernpunkt.

Der dem Auge nächste Punkt, der noch bei stärkster Accommodation deutlich gesehen werden kann, heisst Nahepunkt.

Bei der Normalsichtigkeit oder Emmetropie liegt der Fernpunkt im Unendlichen, der Nahepunkt 10—13 cm vor dem Auge.

Refractionsanomalien.

Von diesem Refractionszustand des normalen Auges finden sich häufig Abweichungen, die ihren Grund in einer abnormen Lage der Netzhaut haben.

Bei der Myopie oder Kurzsichtigkeit ist der Fernpunkt und der Nahepunkt erheblich näher an das Auge herangerückt, die Accommodationsbreite also verringert. Die Netzhaut liegt weiter hinten als normal. Parallel einfallende Strahlen vereinigen sich bereits vor der Netzhaut. Damit dies erst auf der Netzhaut geschieht, müssen die Strahlen divergent gemacht werden; dies wird erreicht durch eine vorgesetzte Zerstreuungslinse.

Bei der Hypermetropie oder Weitsichtigkeit ist der Fernpunkt und der Nahepunkt vom Auge abgerückt, der Fernpunkt liegt in überunendlicher Entfernung. Die Netzhaut liegt weiter vorn als normal. Parallel und selbst divergent einfallende Strahlen vereinigen sich erst hinter der Netzhaut. Damit dies schon auf der Netzhaut geschieht, müssen die Strahlen convergent

gemacht, stärker gebrochen werden. Dies wird bewirkt durch eine vorgesetzte Convexlinse.

Unter Presbyopie versteht man eine Refractionsanomalie, die das emmetropische Auge im Alter erfährt. Es rückt der Nahepunkt weiter vom Auge ab, während der Fernpunkt an seiner Stelle bleibt. Dies rührt daher, dass die Elastizität der Linse nachlässt, also die Brechkraft bei der Accommodation für die Nähe abnimmt, daher für diesen Fall eine Convexlinse nötig ist.

Die brechende Kraft einer Linse wird durch $\frac{1}{f}$ ausgedrückt, wobei f die Brennweite bedeutet. Als Einheit der Brechkraft gilt die einer Linse von 1 m Brennweite, Dioptrie genannt. Die Brechkraft einer Linse von 200 mm Brennweite ist also gleich

$$\frac{\frac{1}{200\text{ mm}}}{1\text{ D} = 1000\text{ mm}} = \frac{1000}{200} = 5 \text{ Dioptrien.}$$

Man kann hiernach die Accommodationskraft eines Auges oder die „Accommodationsbreite" in Dioptrien ausdrücken. Dieselbe ist gleich der brechenden Kraft einer Convexlinse, welche Strahlen, die aus der Entfernung des Nahepunkts kommen, so stark bricht, dass sie rückwärts verlängert sich im Fernpunkt schneiden.

Unvollkommenheiten des dioptrischen Apparates.

1. Astigmatismus.

Derselbe besteht darin, dass die brechenden Flächen des Auges, bes. die vordere Fläche der Cornea nicht in allen Meridianen gleiche Krümmung haben. In den meisten Fällen ist die Hornhaut im vertikalen Meridian stärker gekrümmt als im horizontalen, sodass sich die vertikalen Strahlen vor den horizontalen vereinigen und ein gemeinsamer Brennpunkt fehlt. Das normale Auge sieht von zwei feinen sich rechtwinklig kreuzenden Linien die vertikale in etwas grösserer Entfernung als die horizontale, ist also für horizontale Gegenstände kurzsichtiger als für vertikale.

Höhere Grade dieses Fehlers corrigiert man durch Vorsetzen von cylindrischen Gläsern, welche in der einen Richtung ohne, in der darauf senkrechten mit Krümmung versehen sind, die mit der Richtung der geringeren Krümmung der Hornhaut zusammenfällt.

2. Die monochromatische oder sphärische Aberration.

Wie schon erwähnt, brechen die Randteile kugeliger Flächen Strahlen von derselben Wellenlänge, monochromatisches Licht, stärker als centrale Teile, so dass sich die gebrochenen Strahlen nicht in einem Punkt, sondern in der „kaustischen Brennlinie" vereinigen.

Beim Auge wird dieser Fehler dadurch, dass infolge der stärkeren Krümmung der Hornhaut in der Mitte auch die centralen Strahlen stärker gebrochen werden, und dadurch, dass die Iris als Blende die stärker gebrochenen Randstrahlen zum Teil abhält, unmerklich gemacht.

3. Chromatische Abweichung, Chromasie.

Die verschiedenen Strahlen werden folgweise verschieden gebrochen, die roten am schwächsten, die violetten am stärksten. Daher liegt der Brennpunkt der violetten Strahlen vor dem der roten Strahlen: es entstehen farbige Säume an den Rändern des Bildes.

Die Chromasie des Auges ist gering und wird für gewöhnlich nicht bemerkt. Man kann sich aber von ihrem Vorhandensein überzeugen, wenn man die eine Hälfte der Pupille durch einen Schirm verdeckt.

4. Irradiation des Lichtes.

Darunter versteht man die merkwürdige Erscheinung, dass uns helle Objekte, z. B. ein weisses Quadrat, auf dunklem Grunde grösser erscheinen, als ebenso grosse dunkle Objekte, z. B. ein schwarzes Quadrat, auf hellem Grund.

Dies rührt nicht davon her, dass etwa die Erregung in der Netzhaut von den direkt getroffenen Stellen übergreift auf benachbarte, sondern dass infolge ungenügender Accommodation an den Grenzen heller Gegenstände Zerstreuungskreise entstehen. Das wird bewiesen dadurch, dass solche Irradationen bei Correction des Auges durch Benutzung passender Gläser fortfallen.

5. Entoptische Erscheinungen.

Trübungen der Augenmedien, die auch am normalen Auge vorkommen, wie Körperchen oder Schleimhautflocken auf der Hornhaut, Trübungen und Zellen im Glaskörper u. a., werfen einen Schatten auf die Netzhaut und stören das Gesichtsfeld. Man erkennt sie am besten, wenn man die hell erleuchtete Öffnung eines Nadelstichs in einem dunklen Schirm in den vor-

deren Brennpunkt des Auges bringt, so dass die Strahlen von diesem Punkt parallel durch das Auge treten und einen Kernschatten von den Körperchen auf die Netzhaut entwerfen. Man erkennt dann unregelmässige dunkle Flecken, von der Cornea herrührend, eine meist sechsstrahlige Figur durch den Bau der Krystalllinse entstehend, Mouches volantes von zelligen Elementen im Glaskörper u. a.

Hierher gehört auch die Purkinje'sche Aderfigur, ein dunkler verzweigter Gefässbaum auf hellem Grunde. Sie entsteht dadurch, dass die Retinalgefässe auf die Stäbchen und Zapfen Schatten werfen, bes. wenn die Gefässe so schräg beleuchtet werden, dass die Schatten auf Stellen fallen, welche sonst frei von denselben sind. Man erkennt die Figur am besten, wenn man auf einen dunklen Hintergrund sieht und in geringer Entfernung vom Auge seitlich eine Kerzenflamme hin und her bewegt; es bewegen sich dann auch die Schatten der Gefässe im Gesichtsfeld. Die schattenwerfenden Strahlen sind nicht etwa die direkt einfallenden, sondern vielmehr die im Auge reflektierten welche von dem Netzhautbildchen der Flamme sich nach allen Richtungen hin zerstreuen und dabei auf Gefässe der Retina treffen.

Auch die Bewegungen der Blutkörperchen in den Netzhautcapillaren werden beim Sehen gegen grosse helle Flächen als leuchtende Pünktchen wahrgenommen.

II. Die Lehre von den Empfindungen des Sehnervenapparates.

Bau der Retina.

Die Retina stellt die End-Ausbreitung des Sehnerven dar. An seiner Eintrittsstelle bildet er die Papilla nervi optici. Lateral davon liegt die kreisförmige Macula lutea, die an der Leiche gelb aussieht; sie zeigt in der Mitte eine Vertiefung die Fovea centralis. Die Netzhaut besteht aus verschiedenen Schichten; es sind in der Richtung, wie der Lichtstrahl sie durchsetzt, von innen nach aussen:

1. Membrana limitans interna s. hyaloidea,
2. die Opticusfaserlage.
3. die Ganglienzellenlage oder innere gangliöse Schicht,

4. die innere reticuläre oder granulierte Schicht,
5. die innere Körnerschicht oder äussere gangliöse Schicht,
6. die äussere reticuläre oder granulierte Schicht,
7. die äussere Körnerschicht,
8. die Membrana limitans externa,
9. die Stäbchen und Zapfenschicht,
10. die Pigmentschicht.

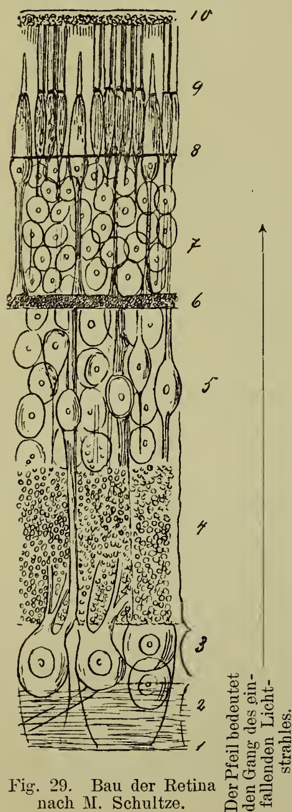


Fig. 29. Bau der Retina nach M. Schultze.

Der Pfeil bedeutet den Gang des einfallenden Lichtstrahles.

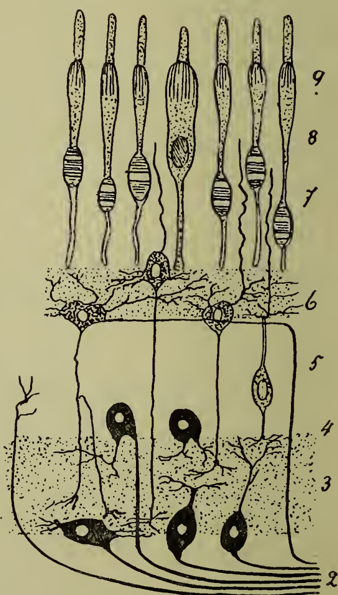


Fig. 30. Die Neuronen der Netzhaut (nach Golgi).

Die mosaikartig angeordneten Stäbchen und Zapfen bilden mit den 6-eckigen Pigmentzellen, die ihnen mützenartig aufsitzen,

den äussersten Teil der Retina. Sie stehen in leitender Verbindung mit den nackten Axencylindern des Opticus in der 2. Schicht.

Nach der Neuronen-Theorie fasst man die ganze Netzhaut als drei hintereinander gelegene Schichten von Neuronen auf:

1. Die Stäbchen und Zapfen sind die äusseren Enden der kernhaltigen Sehzellen, welche die äussere Körnerschicht bilden; sie sitzen den cellulipetalen Fortsätzen auf, die durch Löcher der Limitans externa zu diesen Sehzellen hindurchtreten. Die cellulifugalen Fortsätze der Sehzellen enden in der äusseren reticulären Schicht.

2. Die bipolaren Zellen in der äusseren gangliösen Schicht senden einen centripalen Fortsatz in die äussere reticuläre Schicht, wo seine Endverzweigungen mit denen der Sehzellenfortsätze in Kontakt treten, und einen cellulifugalen Fortsatz in die innere reticuläre Schicht, wo seine Endigungen mit den Dendriten der

3. multipolaren Ganglienzellen in der inneren gangliösen Schicht in Verbindung treten. Die Neuraxone dieser Ganglienzellen sind die Opticusfasern.

Die Schichten 2—7 nennt man die Gehirnschicht der Retina, weil sie der grauen und weissen Substanz des Gehirns entsprechen, die übrigen Schichten fasst man als Neuroepithelschicht zusammen.

Die nervösen Elemente werden durch ein bindegewebiges Schutzgerüst getragen, den Müller'schen Fasern, deren breite Basis die Limitans interna bildet.

In der ganzen Retina finden sich Stäbchen und Zapfen gemischt, nur in der Macula lutea kommen allein Zapfen vor. Hier haben auch alle Schichten an Mächtigkeit abgenommen, in der Fovea centralis sind sogar davon nur noch die äusseren Körner und Zapfen übrig geblieben.

Die lichtempfindlichen Elemente.

Die Stäbchen und Zapfen sind diejenigen Elemente der Netzhaut, die durch die transversalen Ätherschwingungen des Lichtes erregt werden; dadurch wird secundär das Nervenprincip im N. opticus ausgelöst.

Dies lässt sich mit Hülfe der Purkinje'schen Aderfigur beweisen (s. o.). Aus der Grösse der Verschiebung der Schattenfigur und der Lichtquelle ist berechnet worden, dass die erregbare Schicht

0,2—0,3 mm hinter der gefässführenden Schicht liegen müsse; an diesem Ort befindet sich in der That die Stäbchen- und Zapfenschicht.

Ferner ist die Eintrittstelle des Sehnerven, wo sich keine Stäbchen und Zapfen finden, unempfindlich für Licht: Mariotte's blinder Fleck.

Fixiert man unter Schliessung des rechten Auges mit dem linken von zwei etwa 7 cm von einander entfernten Buchstaben scharf den rechtsstehenden, so dass also sein Bild auf die Fovea centralis fällt, so verschwindet in einer Entfernung von etwa 25—30 cm vom Auge der linksstehende Buchstabe, weil sein Bild bei dieser Entfernung auf die Papilla n. optici trifft. Auch wenn man direkt mittels eines Spiegels ein Flammenbild auf die Papille wirft, hat das Auge keine Lichtempfindung.

Hieraus geht andererseits hervor, dass die Sehnervfasern gegen Licht gänzlich unempfindlich sind.

Die objectiven Processe in der Netzhaut.

Photochemische Processe. Sehpurpur.

In den Aussengliedern der Stäbchen findet sich ein intensiv roter Farbstoff, das Sehrot oder der Sehpurpur. Unter der Einwirkung des Lichtes erblasst er sehr schnell, indem er durch Gelb in Weiss übergeht. An intensivsten findet man ihn in Augen von Tieren, die längere Zeit im Dunkeln waren. Es gelingt durch Bleichung des Sehpurpurs Bilder äusserer Objekte am herausgenommenen Auge auf der Netzhaut zu erzeugen, „Optogramme". Der Sehpurpur ist also eine lichtempfindliche Substanz, die, wie die Silbersalze der photographischen Platten, durch die Einwirkung des Lichtes zersetzt wird.

Beim Sehen wird beständig Sehpurpur zersetzt und an Stelle des zersetzten neuer gebildet. Doch kann er nicht die einzige Sehsubstanz sein, da er in den Zapfen nicht vorkommt, und in der Fovea centralis, der Stelle des deutlichsten Sehens nur Zapfen vorhanden sind. Es dienen die Stäbchen und der Sehpurpur zur Wahrnehmung des Weiss von niederer Intensität; die Menge des zersetzten Sehpurpurs steigt mit der Menge des einfallenden Lichtes.

Morphologische Vorgänge.

Die Pigmentepithelzellen (s. o.) senden pigmentierte Fortsätze aus, die die Stäbchen und Zapfen einhüllen. Bei starker Belichtung verlängern sich die Fortsätze, oft bis zur Limitans externa; in der Dunkelheit verkürzen sie sich. Mit der Lichtempfindung haben sie direkt nichts zu thun.

Bei der Einwirkung starken Lichtes soll auch bei den Stäbchen und Zapfen eine Verkürzung der Aussenglieder eintreten.

Elektrische Vorgänge.

An der Netzhaut hat man im Dunkeln einen Ruhestrom beobachtet, der bei Belichtung der Netzhaut eine kurze Zunahme und darauf eine längere Abnahme (negative Schwankung) erfährt.

Die subjektiven Lichtempfindungen.

Erregung der Netzhaut und des Sehnerven.

Die Retina kann auch durch andere Reize als das Licht erregt werden. So erzeugt ein örtlich beschränkter Druck bei geschlossenem Auge oder im Dunkeln eine umschriebene Lichterscheinung, Druckbild oder Phosphen. Vollführt man bei geschlossenem Auge Rotationen des Augapfels, so sieht man einen kleinen feurigen Kreis oder Halbkreis. Auch bei der Accommodation beobachtet man wahrscheinlich infolge der Zerrung der Netzhaut einen leuchtenden Kreis, Accommodationsphosphen.

Bei geschlossenem Auge sieht man eine äusserst schwache unregelmässige Erleuchtung, Eigenlicht der Netzhaut oder Lichtchaos, wahrscheinlich infolge mechanischer Reizung der Netzhaut durch den intraocularen Druck.

Heftige mechanische Reizung des Sehnerven erzeugt ebenfalls Lichtempfindung.

Auch durch Öffnen und Schliessen des constanten Stromes wird die Netzhaut und der Sehnerv gereizt, man nimmt Lichtblitze dabei wahr.

Ortssinn der Netzhaut, Sehschärfe.

Unter Ortssinn der Netzhaut versteht man die Fähigkeit, zwei leuchtende Objektpunkte gesondert zu unterscheiden. Der Ortssinn ist um so grösser, je kleiner der Abstand zwischen den Punkten ist. Die Unterscheidung ist ermöglicht durch die mosaikartige Anordnung der Stäbchen und Zapfen; jedes dieser Elemente steht durch isolierte Leitung mit dem Centrum in Verbindung.

Der Ortssinn der Netzhaut ist nun, grade wie der Ortssinn der Haut, nicht überall gleich; am grössten ist er in der Fovea centralis.

Den Grad des Ortssinns der Netzhaut hat man auch kurz Sehschärfe genannt. Bei uns sieht man diejenige Sehschärfe als normal an, mit welcher noch zwei Punkte unterschieden werden können, deren Richtungsstrahlen einen Winkel von 60—64 Bogensekunden bilden. Die Bildpunkte auf der Netzhaut haben in diesem Falle einen Abstand von 0,0046 Mm. Da die Zapfen in der Fovea centralis etwa 0,002 Mm. dick sind, so geht hieraus hervor, dass in der That zwei verschiedene Elemente erregt werden, also die Erregung eines jeden Zapfens mit einer gesonderten Lichtempfindung verbunden ist.

Die peripherischen Teile der Netzhaut haben einen geringeren Ortssinn.

Die Sehschärfe ist wohl von der Sehfähigkeit, die durch die Refraction bedingt ist, zu unterscheiden.

Zur Prüfung der Sehschärfe bedienen sich die Augenärzte der Snellen'schen Schriftproben. Es wird die grösste Entfernung gemessen, bei der die Buchstaben bei völliger Correction des Auges erkannt werden. Als Einheit der Sehschärfe gilt diejenige, welche die Buchstaben erkennt, wenn der Sehwinkel (s. o.) derselben 5 Bogenminuten beträgt.

Zeitlicher Verlauf der Netzhautempfindung.

Wie bei jeder Nervenerregung, verstreicht auch bei der Netzhauterregung eine gewisse Zeit, bis der Reiz zu wirken anfängt, „Anklingen der Lichtempfindung"; ebenso hört die Lichtempfindung nicht sofort gleichzeitig mit dem einwirkenden Lichtreiz auf, sondern sie verschwindet erst allmählich, „Abklingen der Lichtempfindung".

Auf letzterem Umstand beruhen die sog. positiven Nachbilder. Wird z. B. im Dunkeln ein Stück glühende Kohle im Kreise herumgeführt, so sieht man nicht einzelne leuchtende Punkte, sondern einen feurigen Kreis. Werden diskontinuierliche Lichterscheinungen mit einer gewissen Geschwindigkeit wiederholt, mindestens 25 mal in der Sekunde, so entsteht der Eindruck der kontinuierlichen. Werden daher Bilder, die folgweise die verschiedenen Phasen eines Bewegungsvorganges darstellen, hinreichend schnell vor dem Auge vorbeigeführt, so

stellt sich die Bewegung in kontinuierlichem Ablauf dar (Stroboskopische Scheibe, Lebensrad, Kinematograph).

Die Stärke der Netzhauterregung.

Die Stärke der Netzhauterregung wächst von der „Reizschwelle" an in gewissem Verhältnis mit der Intensität des Lichtes. Der höchste Grad der Erregung heisst Blendung.

Das Auge ist nicht im Stande, die absolute Grösse der Helligkeit anzugeben, sondern nur Unterschiede, und zwar ist die Empfindlichkeit hierfür im Bereich der mittleren Intensität am grössten.

Bei gleicher Intensität des Lichtes nimmt die Stärke der Lichtempfindung zu mit der Grösse der beleuchteten Netzhautfläche und der Dauer der Einwirkung und ist abhängig von dem Erregbarkeitszustand der Netzhaut. Die Lichtempfindung ist stärker, wenn die Netzhaut längere Zeit nicht belichtet, wenn sie ausgeruht war. Bei andauernder Reizung lässt die Intensität der Lichtempfindung nach, die Netzhaut ermüdet. Blickt man danach auf eine gleichmässig helle Fläche, so erscheinen die vorher hellen Stellen dunkel: negatives Nachbild, Successivcontrast.

Auf Ermüdung und Erholung beruht auch die Adaptation, d. i. die Fähigkeit, sich verschiedenen Helligkeitsgraden anzupassen. Tritt man aus einem hellen in einen dunklen Raum, so sieht man zuerst nichts, bis sich die Netzhaut aus der vorhergegangenen starken Reizung wieder erholt hat, um nun auch für die geringeren Intensitäten erregbar zu sein. Ähnlich im umgekehrten Falle.

Die Farbenwahrnehmung.

Das weisse oder Tageslicht stellt eine Mischung von Ätherwellen von verschiedener Länge bez. verschiedener Schwingungszahl in der Zeiteinheit dar. Man kann es in die verschiedenen Wellen mit folgweise zunehmender Länge zerlegen, dispergieren, wenn man es durch ein Prisma gehen lässt. Das dann erscheinende farbige Spektrum stellt den Teil der Ätherwellen dar, durch den unser Auge erregt wird, „sichtbares Spektrum". Die einzelnen einfachen Farben entstehen also durch Einwirkung von Licht, das eine bestimmte Wellenlänge bez. bestimmte Schwingungszahl in der Zeiteinheit hat.

Das äusserste Rot hat die Wellenlänge 800 $\mu\mu$ [1]) (350 Billionen Schwingungen in der Sekunde), das äusserste Blau 400 $\mu\mu$ (750 Billionen Schwingungen in der Sekunde).

An einer Farbe unterscheidet man:

1. ihre Helligkeit, d. i. die Intensität der Lichtschwingungen; sie ist abhängig von der Schwingungsamplitude; und

2. die Sättigung; eine Farbe ist um so weniger gesättigt, je mehr weisses Licht sie enthält. Die gesättigsten Farben sind die des reinen Spektrums bei Ausschluss alles weissen Lichtes.

Ausser Weiss und den Farben unterscheidet man schwarz, wenn kein Licht auf die Netzhaut fällt, wenn sie im Zustand der Ruhe ist. Grau ist ein Weiss von geringer Intensität.

Durch Vermischung vollkommen gesättigter Farben entstehen Mischfarben. Die Mischung kann objectiv stattfinden durch Mischung der reinen Spektralfarben, oder subjectiv, indem man verschiedene Lichter schnell hintereinander auf die Netzhaut einwirken lässt (Farbenkreisel).

Vereinigung sämtlicher Farben des Spektrums erzeugt wiederum Weiss.

Ausserdem giebt es Paare unter den Spektralfarben, die gemischt ebenfalls Weiss ergeben, Complementärfarben z. B. Rot + Grünblau, Orange + Cyanblau und so im Spektrum fortschreitend bis zum Grün. Grün hat keine einfache Complementärfarbe im Spektrum; sie wird erhalten durch Mischung der an den Enden des Spektrums liegenden Farben: Rot und Violett = Purpur. Also Purpur + Grün ebenfalls gleich Weiss.

Die Young-Helmholtz'sche Theorie nimmt zur Erklärung der verschiedenen Farbenwahrnehmungen an, dass in der Netzhaut drei verschiedene Nervenfasern existieren, welche durch die drei Grundfarben Rot, Grün und Blau gleichzeitig, aber in verschiedener Stärke erregt werden. Die rotempfindenden Fasern werden vom Licht mit grösster Wellenlänge (rot), die grünempfindenden vom Licht mit mittlerer Wellenlänge und die blauempfindenden von dem Lichte kleinster Wellenlänge am stärksten erregt. Durch die Mischungen der drei Grundempfindungen kommen die Empfindungen der verschiedenen Mischfarben und des Weiss zu Stande.

---

[1]) 1 μ = 1 Tausendstel, 1 $\mu\mu$ = 1 Millionstel Millimeter.

Die Hering'sche Theorie nimmt drei Sehsubstanzen an: eine Schwarzweiss - Substanz, eine Rotgrün - Substanz und eine Blaugelb - Substanz. Weiss wird empfunden infolge der Dissimilierung der Schwarzweiss-Substanz; bei ihrer Assimilierung in der Ruhe wird schwarz empfunden. Ebenso wird in den anderen beiden Substanzen die eine Farbe bei der Dissimilierung, die complementäre bei der Assimilierung empfunden. Jede Farbe wirkt zugleich auf die Schwarzweiss-Substanz ein; wirken nun auf die beiden Farbensubstanzen die complementären Farbenpaare gleich stark im entgegengesetzten Sinne, assimilierend und dissimilierend, so bleibt nur noch die dissimilierende Wirkung auf die Schwarzweiss-Substanz übrig, es entsteht die Empfindung Weiss.

Farbenempfindlichkeit der Netzhaut.

Die Farbenempfindungen kommen nur in dem breiten Bereich der mittleren Intensität zu stande, bei zu starker oder zu geringer Intensität werden keine Farben gesehen. Bei abnehmender Intensität, z. B. in der Dämmerung, verschwinden zuerst die roten Farben, während die blauen am längsten gesehen werden.

Alle Farben nehmen, wenn sie lichtschwach werden, eigentümliche Farbentöne an; ein lichtschwaches Weiss wird grau, ein lichtschwaches Gelb wird braun, ein lichtschwaches Rot wird braunrot u. s. w.

Die Netzhaut ist nicht an allen Stellen gleich empfindlich für Farben. Am schärfsten werden die Farben wie alle Gesichtswahrnehmungen in der Fovea centralis empfunden; daher die Zapfen als besonders farbenempfindliche Apparate anzusehen sind. Nach der Peripherie zu nimmt die Farbenempfindung ab.

Der äusserste Rand der Netzhaut ist farbenblind, hier wird nur hell und dunkel unterschieden.

Farbenblindheit.

Bei manchen Individuen (Männern mehr wie Frauen) betrifft die Farbenblindheit die ganze Netzhaut. Im Gegensatz zu den normalen unterscheidet man die:

1. total farbenblinden, die nur hell und dunkel unterscheiden. Ihnen erscheint das Spektrum als Streifen von zunehmender und wieder abnehmender Helligkeit; das Maximum derselben liegt da, wo wir sattes Wiesengrün sehen.

2. partiell farbenblinden. Sie haben eine Stelle im Spektrum, welche ihnen farblos erscheint, der neutrale Punkt, zwischen 485—500 $\mu\mu$. Von da aus nach dem kurzwelligen Ende empfinden sie Blau, das bis zur Sättigung zunimmt und dann direkt, nicht wie bei den normalen durch Violett, in Schwarz übergeht; nach dem langwelligen Ende empfinden sie Gelb, das bei etwa 600 $\mu\mu$ gesättigt erscheint und von da wieder an Intensität abnimmt.

Sie zerfallen in zwei grosse Gruppen; den Unterschied macht die Intensitätsverteilung der Gelbcurve, deren Maximum bei der einen Gruppe dem langwelligen Ende näher liegt als bei der anderen. Die Curve der Intensitätsverteilung des Blau ist beiden gemeinschaftlich. Man hat die Gruppen fälschlich in Rotblinde und Grünblinde unterschieden; beide aber sehen weder rot noch grün, beide sind also rot-grün-blind. Nur hört bei der einen Gruppe das Spektrum früher auf, sodass das Rot ihr dunkel erscheint.

Farbige Nachbilder.

Ebenso wie beim weissen Licht erscheinen auch beim farbigen Licht positive und negative Nachbilder. Bei ersteren überdauert die Farbenempfindung den Reiz, man sieht die gleichen Farben noch fortbestehen. Bei letzteren treten an Stelle der ursprünglichen Farben im Bild die dazu complementären. Successiver Contrast. Zu unterscheiden davon ist

der simultane Contrast.

Bei Betrachtung einer gefärbten Fläche treten in der Umgebung oder an einer anderen Stelle derselben complementär gefärbte Partieen gleichzeitig auf. Legt man z. B. ein graues Papierschnitzelchen auf eine grössere Fläche von gesättigter Farbe und überdeckt das Ganze mit durchscheinendem Seidenpapier, so erscheint das graue Schnitzelchen in der Complementärfarbe.

III. Die Lehre von den Gesichtswahrnehmungen.

Das monoculare Sehen.

Die durch den Gesichtssinn erhaltenen Zeichen (Gesichtsempfindungen) sind ihrer Intensität (Helligkeit) und Qualität (Farbe) nach verschieden, ausserdem noch nach der Stelle der

gereizten Netzhaut; sie sind in dieser Beziehung Lokalzeichen. Diese haben wir wahrscheinlich unter beständiger Correctur des Tastsinnes durch die Erfahrung deuten gelernt. Damit erledigt sich auch die Frage, warum wir das von den Objekten entworfene umgekehrte Bild auf der Netzhaut aufrecht sehen. Das Bewusstsein weiss nichts von der Netzhaut, ihrer Lage und der der Bilder darauf, sie kennt nur Lokalzeichen des Gesichtssinnes.

Gemäss der Erfahrung sehen wir als Ursache der Netzhauterregung einen leuchtenden Punkt ausserhalb unseres Körpers an und verlegen ihn auf die grade Linie (Richtungsstrahl), welche von dem erregten Netzhautelement durch den Knotenpunkt nach aussen gezogen wird. In welchem Punkt dieser Linie der leuchtende Punkt liegt, bleibt zunächst unbekannt. Mit einem Auge orientieren wir uns daher nur über die Richtung, in welcher das Objekt sich befindet.

Wie schon erwähnt, ist die Fovea centralis diejenige Stelle der Netzhaut, mit welcher am deutlichsten und schärfsten gesehen wird; man nennt das Sehen mit der Fovea centralis das direkte Sehen, das mit den übrigen Teilen der Netzhaut das indirekte. Die durch die Fovea centralis gezogene Richtungslinie heisst Gesichtslinie, Sehaxe, Fig. 25 $G\ G_1$, oder, da der direkt gesehene Objektpunkt auch Fixationspunkt oder Blickpunkt genannt wird, Fixationslinie, Blicklinie. Die durch die Blicklinie gelegte Ebene heisst die Blickebene.

Die Gesichtslinie fällt nicht mit der optischen Augenaxe zusammen, sondern sie trifft die Netzhaut etwas nach innen und unten von dieser und bildet mit ihr einen Winkel von 4—5° (cf. Fig. 25).

Beim Sehen mit einem Auge sehen wir die Objekte wie an einer Fläche verteilt (nicht etwa an oder auf einer Fläche). Diese scheinbare flächenhafte Anordnung der gesehenen Objekte nennen wir das Gesichtsfeld. Die Aussmessung der seitlichen Begrenzung desselben geschieht durch das Perimeter.

Augenbewegungen.

Lagen des Augapfels.

Der Augapfel dreht sich in seinem Fettlager wie die Kugel in einer Pfanne. Die durch die Augenaxe gelegten Ebenen heissen Meridianebenen, die grössten Kreise darin Meridiane.

Die im Mittelpunkte der Augenaxe auf ihr senkrechte Ebene heisst Äquatorialebene, der grösste Kreis in ihr Äquator. Der verticale Durchmesser desselben ist die Höhenaxe, der horizontale die Queraxe des Auges. Der Drehpunkt des Auges liegt etwa 13 mm hinter dem Hornhautscheitel auf der Augenaxe.

Primärlage der Augen ist diejenige, wobei die Augen gradeaus in die Ferne gerichtet sind, also die Augenaxen parallel und sagittal stehen und die Queraxen eine grade Linie bilden. Diese Lage betrachtet man als Ruhelage, von der aus alle übrigen Lagen bestimmt werden können.

Sekundärlagen sind diejenigen, bei welchen die Drehung um 2 Axen der Primärlage erfolgt: um die Höhenaxe beim Blicken nach rechts und links, um die Queraxe beim Blicken nach oben und unten.

Tertiärlagen nennt man diejenigen, bei welchen noch Drehungen um die dritte Axe, die Augenaxe, hinzukommen, also Rotationen des Auges erfolgen.

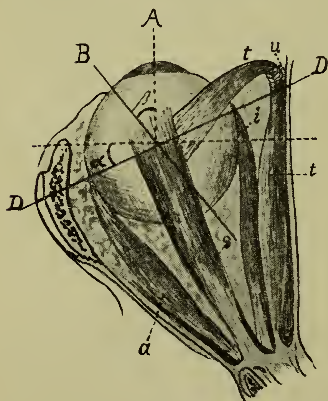


Fig. 31. Augenmuskeln und ihre Drehungsaxen am Augapfel nach Helmholtz.
a: Rectus externus, s: Rectus superior, i: Rectus int., t: Obliq. sup., u: Trochlea.
A: Augenaxe, die gestrichelte senkrechte dazu ist die Queraxe (Äquator).
DD: Drehaxe des Rect. sup. und inf.
B: Drehaxe des Obliq. sup. und inf.

Die Augenmuskeln.

Sie bilden drei Paare von Antagonisten: Rectus ext. und int., Rectus sup. und inf., Obliquus sup. und inf.

Der Rectus ext. und int. drehen das Auge nach aussen und innen, ihre Drehungsaxe fällt mit der Höhenaxe zusammen.

Der Rectus sup. dreht den Hornhautscheitel nach oben, der Rectus inf. nach unten, jeder gleichzeitig etwas nach innen (nasalwärts) wegen seines schrägen Verlaufs von dem Ursprung am Foramen opticum zum Augapfel. Ihre Drehungsaxe fällt daher nicht ganz mit der Queraxe zusammen, sondern bildet mit ihr einen Winkel (α) von 20°.

Der Obliquus sup. dreht die Cornea nach unten und aussen (temporalwärts), der Obliquus inf. nach oben und aussen. Die Drehungsaxe fällt nicht mit der Augenaxe zusammen, sondern bildet mit ihr einen Winkel (β) von 35°.

Hieraus ergiebt sich, dass für eine Drehung um die Queraxe der Rectus sup. und Obliquus inf. (senkrechte Erhebung des Blickes), bez. Rectus inf. und Obliquus sup. (senkrechte Senkung) nötig ist.

Für die Tertiärlagen sind drei Muskeln erforderlich: Zu den beiden, die das Auge nach oben oder unten bewegen, kommt noch der Rectus ext., bez. int. hinzu.

Das binoculare Sehen.

Beim Sehen mit beiden Augen schneiden sich die beiden Sehaxen in dem fixierten Punkt, dem binocularen Blickpunkt. Die Grösse des von den Sehaxen gebildeten Convergenzwinkels, binocularen Gesichtswinkels, ist ein wichtiger Anhaltspunkt für die Schätzung der Entfernung im Bereiche des Nahepunktes und damit der Grösse eines Gegenstandes.

Beim monocularen Sehen geschieht die Schätzung der Entfernung nach der Grösse des Netzhautbildchens; dies kann aber bei ungleicher Grösse der Objekte gleich gross ausfallen, wenn die Objekte so verschieden weit vom Auge entfernt sind, dass sie gleichen Sehwinkel bilden, d. i. derjenige Winkel, den die von dem äussersten Punkte des Objektes durch den Knotenpunkt gezogenen Richtungsstrahlen ergeben. Deswegen wird noch zu Hülfe genommen das Gefühl der Accommodationsanstrengung (bei näherem Gegenstand accommodieren wir stärker), die Vergleichung mit bekannten Objekten, die Schattengebung des Objektes, die Luftperspective, und die scheinbare und wirkliche Lageveränderung des Objektes. Trotz alledem bleibt die Schätzung sehr unsicher.

Viel genauer wird sie aber beim binocularen Sehen, indem das feine Muskelgefühl uns belehrt über den Grad der zur grösseren oder geringeren Convergenz der Sehaxen notwendigen Anstrengungen der Augenmuskeln. Doch gilt auch dies nur für nahe Gegenstände, da, je grösser die Entfernung ist, um so geringer die Veränderung des Convergenzwinkels wird.

Einfachsehen.

Es kommt dadurch zu Stande, dass die Bilder der beiden Netzhäute in der Wahrnehmung vereinigt werden. Diejenigen Stellen in beiden Netzhäuten, deren Bilder zu einem gemeinsamem Bilde verschmelzen, heissen identische oder correspondierende Punkte. Dazu gehört der gelbe Fleck, ferner alle Punkte, die von ihm aus gleich weit und symmetrisch gelegen sind.

Bilder, die auf nicht identischen Punkten liegen, können bei hinreichender Aufmerksamkeit doppelt gesehen werden z. B. der eine von zwei hintereinander befindlichen gleichzeitig betrachteten Gegenständen.

Die Gesamtheit aller derjenigen Punkte im Raum, welche bei einer bestimmten Augenstellung einfach gesehen werden, heisst Horopter d. i. Sehgrenze.

Körperliches Sehen.

Beim Betrachten eines Körpers bekommt jedes Auge vermöge seiner vom anderen verschiedenenStellung im Kopfe ein perspectivisch verschiedenes Bild. Mit dem rechten Auge allein sieht man mehr von der rechten, mit dem linken mehr von der linken Seite des Körpers; von zwei hintereinander befindlichen Objekten wird das nähere im Verhältnis zum entfernteren vom linken Auge mehr nach links, vom linken mehr nach rechts verlegt. Indem diese beiden incongruenten Netzhautbilder in der Wahrnehmung zu einem verschmelzen, erhalten wir den Eindruck des Körperlichen. Dies lässt sich dadurch beweisen, dass, wenn man von einem Körper zwei Bilder von zwei der Lage der Augen entsprechenden Stellen des Raumes aufnimmt, man bei der Betrachtung dieser flächenhaften Bilder den Eindruck des Körperlichen erhält. Apparate, die die Betrachtung erleichtern und den Eindruck erhöhen, nennt man Stereoskope.

Dass die beiden Netzhautbilder identischer Punkte gesondert empfunden und erst infolge von Übung und Erfahrung in der Wahrnehmung vereinigt werden, lehrt der Wettstreit der Sehfelder. Wenn man vor das eine Auge ein rotes, vor das andere ein blaues Glas hält, so sieht man das fixierte Objekt fleckig rot und blau, erst später mit eintretender Ermüdung gleichmässig grau.

Ferner, wenn von zwei stereoskopischen Bildern diejenigen Stellen des einen schwarz sind, welche im andern weiss sind, so erhält man an diesen Stellen den Eindruck des Glanzes, weil

keine Vereinigung zur Mischfarbe grau entsteht, sondern abwechselnd hell und dunkel empfunden wird.

Vorteile des binocularen Sehens.

Sie bestehen darin, dass erstens das Gesichtsfeld beider Augen grösser ist als das eines Auges allein, ferner dass durch die Convergenz der beiden Sehaxen eine genauere Schätzung der Entfernung und Grösse der Objekte ermöglicht ist, und dass durch die Aufnahme der Netzhautbilder von zwei verschiedenen Standpunkten aus die Tiefendimension richtiger beurteilt wird, schliesslich dass Fehler des einen Auges durch das andere Auge korrigiert werden können (Mariotte's blinder Fleck).

Irrtümer bei der Beurteilung der Richtung, Lage, Bewegung und Grösse von Objekten heissen optische Täuschungen.

Anhang.

Schutzorgane des Auges.

Das vordere frei zu Tage liegende Segment des Augapfels kann durch die Augenlider vor äusseren Schädlichkeiten geschützt werden. Der Schluss erfolgt durch M. orbicularis palpebrarum (N. facialis); die Öffnung geschieht beim oberen Augenlid durch M. Levator palpebrae sup. (N. oculomotorius), das untere fällt durch seine eigene Schwere herab.

Der Schluss der Augenlider erfolgt

1. willkürlich,
2. unwillkürlich, im Schlaf,
3. reflektorisch bei Berührung der Conjunctiva oder der Wimperhaare oder auf Lichtreiz (Blinzeln).

Die Hornhaut wird durch die Thränenflüssigkeit bespült und gereinigt. Sie kommt von der im oberen äusseren Teil der Augenhöhle gelegenen Thränendrüse und gelangt zum „Thränensee“ am inneren Augenwinkel. Durch das Sekret der Meibom'schen Drüsen werden die Lidränder befettet, sie verhindern so ein Überfliessen. Aus dem Thränensee gelangt die Flüssigkeit wahrscheinlich durch capillare Ansaugung in die Thränenpunkte und durch die Thränenröhrchen in den Thränensack, von da durch den Thränennasenkanal in den unteren Nasengang.

Die Augenbrauen sollen das Auge vor dem herabrinnenden Stirnschweiss schützen.

Intraocularer Druck.

Im Innern des Augapfels herrscht ein Druck von 20—30 mm Quecksilber, daher sich der Bulbus fest und prall anfühlt. Wahrscheinlich rührt er in letzter Instanz her von dem in den Chorioideal- und Netzhautgefässen herrschenden Blutdruck.

---

24. Gehörsinn.

Der besondere Nerv, der Sinnesnerv, für die Gehörempfindungen ist der N. acusticus. Sein peripherischer Endapparat liegt im Gehörorgan.

Den adäquaten Reiz bilden longitudinale Wellen (Verdichtungswellen) elastischer Medien, normalerweise der Luft, „Schall" genannt.

Der Schall wird durch den leitenden Apparat dem empfindenden Apparat, der Endausbreitung des N. acusticus, zugeleitet und diese erregt. Die Erregung pflanzt sich nach dem Gehirn fort, dadurch kommt die Gehörswahrnehmung zu Stande.

Wir werdem demnach betrachten:

I. den schallleitenden Apparat,

II. den schallempfindenden Apparat,

III. die Erregung des schallempfindenden Apparates oder die Gehörerregung,

IV. die Schallempfindung,

V. die Gehörwahrnehmung.

I. Der schallleitende Apparat.

Das äussere Ohr.

Die Schallwellen der Luft gelangen in das äussere Ohr, das, aus Ohrmuschel und Gehörgang bestehend, einem trichterförmigen Hörrohr gleich die anlangenden Schallwellen sammelt.

Die Ohrmuschel

ist beim Menschen nur von untergeordneter Bedeutung, da sie ganz fehlen kann, ohne dass die Schärfe des Hörens beeinträchtigt wird. Nur für die Unterscheidung der Richtung, in welcher die Schallquelle liegt, kommt sie in Betracht (s. u.).

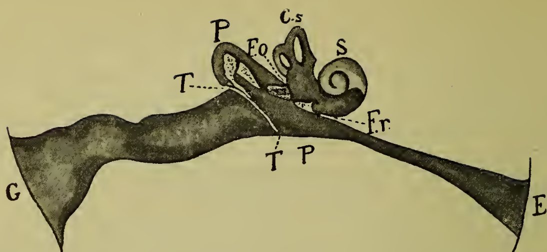


Fig. 32. Gehörorgan (schematisch nach Helmholtz).
G: Gehörgang, *TT:* Trommelfell, *PP:* Paukenhöhle mit Gehörknöchelchen, *F. o.:* Fenestra ovalis, *F. r.:* Fenestra rotunda, *C. s.:* Canales semicirculares, *S:* Schnecke, *E:* Tuba Eustachii.

Der Gehörgang

leitet die Schallwellen mit fast unverminderter Intensität zum Trommelfell. Er hat, wie jeder lufterfüllte Hohlraum, einen Eigenton; da der Gang sehr kurz ist, 3 cm, ist dieser Eigenton sehr hoch. Es findet daher eine Resonanz im Gehörgang nur für sehr hohe Töne statt, die uns grade wegen dieser Verstärkung unangenehm werden.

Die Krümmungen des Gehörganges verhindern das zu weite Eindringen von Staub und ev. von Fremdkörpern; ähnlich wirken die Haare.

Das Ohrenschmalz schützt die Wände des Gehörganges und das Trommelfell vor Eintrocknung.

Das Mittelohr oder die Paukenhöhle.

Die Paukenhöhle, ein flacher mit Luft erfüllter Hohlraum im Felsenbein, wird aussen vom Trommelfell, innen von der knöchernen Wand des Labyrinths begrenzt; in der letzteren befinden sich zwei durch Membranen verkleidete Öffnungen, das ovale und das runde Fenster. Die Schwingungen des Trommelfells werden auf die Membran des ovalen Fensters übertragen durch die Kette der Gehörknöchelchen, welche zwischen beiden ausgespannt ist.

Die Gehörknöchelchen sind der Reihe nach:

1) Hammer, Malleus.
2) Amboss, Incus.
3) Steigbügel, Stapes.

Der Stiel des Hammers, mit dem Trommelfell fest ver-

wachsen, geht vom oberen Rande desselben in radiärer Richtung bis über die Mitte hinaus. Der Stiel setzt sich vermittelst des Halses in den Kopf des Hammers fort. Ein circuläres Haftband, von der äusseren Paukenhöhlenwand entspringend, umfasst den Hals und gestattet mit dem Lig. mallei. ant. und post. dem Hammer Bewegungen um eine etwa sagittale, durch den Hals verlaufende Axe. Geht das Trommelfell und damit der Hammerstiel nach innen (der Paukenhöhle zu), so geht der Kopf nach aussen und umgekehrt.

Der Amboss hat die Gestalt eines Backenzahnes mit zwei Wurzeln, einer kurzen, kurzer Fortsatz, und einer langen, langer Fortsatz; die Krone wird durch die Gelenkfläche des Amboss-Körpers gebildet, die auf dem Kopf des Hammers ruht. Der kurze Fortsatz ist an der hinteren oberen Wand der Paukenhöhle befestigt; um diesen Befestigungspunkt dreht sich der Amboss so, dass der Körper mit dem Hammerkopf zugleich nach aussen geht, während der lange Fortsatz mit dem Hammerstiel zugleich nach innen sich bewegt.

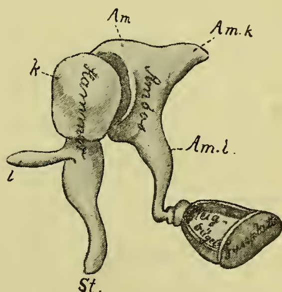


Fig. 33. Gehörknöchelchen. *k.* Kopf des Hammers, *St.* Hammerstiel, *l.* langer Fortsatz des Hammers. *Am. k.* kurzer, *Am. l.* langer Fortsatz des Amboss.

Das Gelenk zwischen Hammer und Amboss ist ein Sperrgelenk; es ist mit zahnähnlichen kleinen Vorsprüngen versehen, welche nicht ineinander greifen, wenn Hammerstiel und Trommelfell nach aussen gehen, welche aber sofort fassen, wenn die Bewegung nach innen erfolgt. Der lange Fortsatz des Amboss articuliert vermittelst eines Sesambeinchens mit dem Köpfchen des Steigbügels.

Vom Steigbügel gehen die beiden Schenkel aus, welche die Fussplatte des Steigbügels zwischen sich fassen. Die Fussplatte ist mit der Membran des ovalen Fensters verwachsen.

Die drei Gehörknöchelchen kann man demnach als einen ungleicharmigen Winkelhebel betrachten, der sich um die Drehungsaxe des Hammerhalses bewegt; den einen längeren Arm

stellt der Hammerstiel, den anderen kürzeren stellt der Hammerkopf mit Amboss und Steigbügel dar. Da die Produkte aus Weg und Kraft an den Hebelarmen gleich sind, so wird der Hammerstiel einen langen Weg mit geringer Kraft zurücklegen, umgekehrt der Kopf mit Amboss und Steigbügel einen kurzen Weg mit grosser Kraft. Dadurch ist ermöglicht, dass die Schwingungen des Trommelfells nach innen möglichst ausgiebig auf die Membran des ovalen Fensters übertragen werden.

Das Trommelfell.

Es ist schräg von oben aussen nach unten innen gestellt, beide Trommelfelle convergieren etwas nach vorn. Das Trommelfell ist trichterförmig nach innen gezogen, die Trichterwände sind etwas concav nach innen gewölbt. Da das Trommelfell etwa 13 mal grösser ist als die Membran des ovalen Fensters, so wird auch hierdurch noch die Übertragung der Schwingungen auf die letztere verstärkt.

Eine gespannte Membran giebt beim Anschlagen einen Ton an, ihren Eigenton. Erklingen in ihrer Nähe Töne, die diesem Eigenton sich nähern oder ein vielfaches von ihm darstellen, so schwingt die Membran mit, sie „resoniert". Trichterförmig gespannte Membranen dagegen besitzen infolge der an ihren verschiedenen Punkten herrschenden verschiedenen Spannung keinen Eigenton; sie accommodieren sich deswegen für eine grosse Reihe von Tönen den verschiedenen Schwingungsgeschwindigkeiten derselben gleich gut. So auch das Trommelfell.

Das Trommelfell ist zugleich mit den Gehörknöchelchen belastet. Diese Belastung wirkt

1. unterstützend für die Beseitigung jeder Eigenschwingung des Trommelfells,

2. als sehr vollkommene Dämpfung, wie die Dämpfer am Klavier, sodass ein Nachschwingen der Membran vermieden wird.

Der M. Tensor tympani.

Er erscheint geeignet, die Nachschwingungen des Trommelfells zu verringern, besonders bei sehr starken Schwingungen, dadurch, dass er alle Befestigungsbänder straff spannt.

Der M. stapedius.

Er verkleinert die Excursionen des Steigbügels.

Beide Muskeln zusammen helfen also wahrscheinlich die Ver-

bindung der Gehörknöchelchen so fest machen, dass sie nach innen als Ganzes schwingen können.

Die Paukenhöhle wird etwas vergrössert durch die Zellen des Warzenfortsatzes, welche bei ihrer unregelmässigen Gestalt durch Resonanz nicht nachteilig werden.

Die Tuba Eustachii.

Sie setzt das Mittelohr mit dem Rachenraum und dadurch mit der atmosphärischen Luft in Verbindung.

Sie ist für gewöhnlich geschlossen, öffnet sich aber für kurze Zeit bei jeder Schlingbewegung durch Contraction des M. Tensor tympani und Levator palati mollis.

Ihre Bedeutung besteht darin, dass bei ihrer Öffnung eine Ausgleichung des Luftdruckes in der Paukenhöhle mit dem der Atmosphäre hergestellt wird.

Wird die Tube infolge katarrhalischer Entzündung ihrer Schleimhaut verschlossen, so entsteht durch die einseitige Wirkung des Druckes der äusseren Luft eine lästige Spannung des Trommelfells, gleichzeitig treten Gehörstörungen auf.

Die Zellen des Warzenfortsatzes.

Sie tragen zwar zur Vergrösserung der Paukenhöhle bei. Infolge ihrer unregelmässigen Gestalt kann keine störend wirkende Resonanz auftreten.

Wenn man bei geschlossener Nasen- und Mundöffnung eine kräftige Exspirations- oder Inspirationsbewegung macht, so wird Luft in die Paucken-höhle hineingetrieben oder aus ihr aspiriert, es entsteht eine Druckerniedrigung bez. -Erhöhung; das Trommelfell wird nach innen bez. nach aussen getrieben, man hört infolge dessen ein knackendes Geräusch; gleichzeitig ist die Hörfähigkeit herabgesetzt (negativer und positiver Valsalva'scher Versuch).

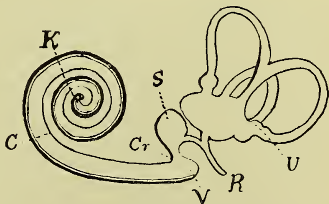


Fig. 34. Das häutige Labyrinth (schematisch).
U: Utriculus mit den Bogengängen, *S:* Sacculus, *R:* Recessus (Ductus endolymphaticus), *C:* Schnecke, *Cr:* Canalis reuniens. *V:* Vorhofblindsack, *K:* Kuppelblindsack.

Inneres Ohr oder Labyrinth.

Das knöcherne Labyrinth.

Es stellt einen geschlossenen Knochenhohlraum dar, der an zwei Stellen einen Membranverschluss aufweist, an der Fenestra ovalis und an der Fenestra rotunda. Im Innern dieses Hohlraums befindet sich das häutige Labyrinth, das nicht ganz dicht dem Knochen aufliegt, sondern durch eine Flüssigkeitsschicht, der Perilymphe, davon getrennt ist, gleichsam darin schwimmt.

Das häutige Labyrinth.

Es ist vollständig mit Endolymphe ausgefüllt und zerfällt in einen vorderen zugleich mehr medianwärts gelegenen Abschnitt, Sacculus und Ductus cochlearis, und einen hinteren zugleich mehr lateral gelegenen Abschnitt, Utriculus und Bogengänge. Beide Teile sind von einander getrennt, kommunizieren aber indirekt dadurch, dass jeder einen kurzen Schenkel zu dem im Aquaeductus vestibuli liegenden Ductus endolymphaticus schickt. Sacculus und Utriculus liegen gemeinsam in dem als Vestibulum bezeichneten mittleren Teil des knöchernen Labyrinthes. Doch wird das Vestibulum durch eine Knochenleiste, die Crista vestibuli, in einen vorderen Knochenhohlraum, Recessus sphaericus, für den häutigen Sacculus und einen hinteren Knochenhohlraum, Recessus ellipticus, für den häutigen Utriculus [1]) abgegrenzt.

Die Schnecke.

Sie ist ein Kanal von 33 mm Länge, der in $2^1/_2$ Windungen um den Modiolus aufgewunden ist. Sie ist in ihrer natürlichen Lage derart auf die Kante gestellt, dass der Modiolus in der Flucht des inneren Gehörganges (auf der oberen hinteren Fläche der Pyramide) liegt. Die Basis des Modiolus bildet den Grund des inneren Gehörganges; in diese Basis tritt der Nervus acusticus (zusammen mit dem N. facialis) durch viele feine Öffnungen ein.

Der ganze Kanal, also jede Schneckenwindung ist durch eine Scheidenwand in zwei Gänge geteilt, Scala vestibuli und Scala tympani, die an der Kuppel der Schnecke durch das Helicotrema kommunizieren, weil hier die Scheidewand aufhört. Die Scala vestibuli ist der Spitze der Schnecke, die Scala tympani

[1]) Man muss beachten, dass die Knochenhohlräume und die sie auskleidenden Teile des häutigen Labyrinths vielfach gesonderte Bezeichnung haben.

der Basis zugewendet; bei aufrecht gestellter Schnecke nimmt jene die obere, diese die untere Hälfte des Schneckenkanals ein.

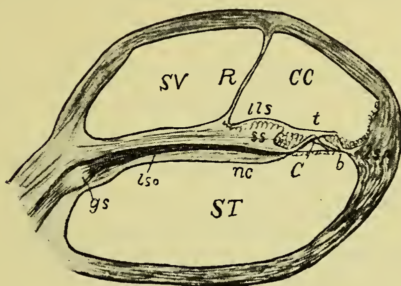


Fig. 35. Durchschnitt einer Schneckenwindung nach Rauber.
ST Scala tympani, *SV* Scala vestibuli, *CC* Scala media s. Canalis s. Ductus cochlearis, *R* Membrana Reissneri, *lso* Lamina spiralis ossea. Von *lls* bis *lsp* Lamina spiralis membranacea, *gs* Ganglion cochleare, *nc* N. cochlearis, *C* Corti'sches Organ, *t* Membrana tectoria, *b* Membrana basilaris.

Die Scala vestibuli bildet die unmittelbare Fortsetzung des Vestibulums, während die Scala tympani schon unter dem Boden des Vestibulums liegt und hinten an der Fenestra rotunda blind endigt. Von der Scala vestibuli wird durch die Membrana Reissneri der Ductus cochlearis abgeteilt, der an der Schneckenkuppel blind endigt, und der den in der Schnecke gelegenen Teil des häutigen Labyrinths darstellt.

Die **Schallleitung** im inneren Ohr kommt nun wahrscheinlich folgendermassen zu Stande: Bei jeder Schwingung des Trommelfells nach innen wird gleichzeitig die Fussplatte des Steigbügels in der Fenestra ovalis gegen das Vestibulum des Labyrinths vorgetrieben und stösst hier auf die darin enthaltene Flüssigkeit, die Perilymphe. Da Flüssigkeiten so gut wie inkompressibel sind, so wird der Stoss unmittelbar in der Richtung fortgepflanzt, in welcher die Flüssigkeit ausweichen kann. Eine nachgiebige Stelle des Labyrinths bildet nur das runde Fenster, daher wird sich die Erschütterung in die Scala vestibuli und durch das Helicotrema in die Scala tympani gegen das runde Fenster fortsetzen, welches nach aussen (gegen die Paukenhöhle zu) getrieben wird. Indem die Schallwelle diesen Weg durchläuft, erschüttert sie indirekt die im Ductus cochlearis eingeschlossene Endolymphe; und zwar

werden die Erschütterungen der Perilymphe sowohl in der Scala vestibuli auf die Membrana Reissneri, als auch besonders in der Scala tympani auf die Membrana basilaris, das Fundament des Corti'schen Organs, des schallempfindenden Apparates, (s. u.) übertragen.

Dass sich die Erschütterung der Perilymphe des Vestibulums, wenn auch nur in sehr geringem Maasse, auch auf die Endolymphe des Utriculus und damit den hinteren Teil des Labyrinths fortsetzt, ist wahrscheinlich. Denn der Aquaeductus cochleae, durch den die Perilymphe allein nach aussen treten kann (sie kommuniziert dadurch mit der Cerebrospinalflüssigkeit der Subarachnoïdeal-Räume) stellt nur einen kapillaren Spalt dar, gestattet also nur ein sehr geringes Ausweichen der Flüssigkeit nach aussen.

Schallleitung durch die Kopfknochen.

Wir haben bisher nur die Übertragung des Schalls durch die Luft betrachtet. Da aber auch feste Körper den Schall leiten, so kann eine Erregung des schallempfindenden Apparates auch direkt durch die Kopfknochen zu Stande kommen. Setzt man eine angeschlagene Stimmgabel, deren Ton man in einiger Entfernung vom Ohr nicht mehr hört, auf den Proc. mastoideus oder auf die Zähne auf, so wird ihr Ton sofort wieder hörbar. Ist er auch bei dieser Knochenleitung vollständig verklungen, so hört man ihn doch sofort wieder und noch einige Zeit lang, sobald man die Stimmgabel dicht vor das Ohr hält.

Diese Thatsache ist für die Ohrenärzte diagnostisch von grosser Bedeutung, weil sie bei Taubheit die Entscheidung giebt, ob dieselbe auf Erkrankung des schallleitenden oder des schallempfindenden Apparates beruht. Im letzteren Falle ist die Leitung durch die Kopfknochen aufgehoben.

II. Der schallempfindende Apparat.

Die Scheidewand, Lamina spiralis, welche die Scala vestibuli von der Scala tympani trennt, besteht aus einem knöchernen Teil, L. sp. ossea, der vom Modiolus entspringt, und aus einem häutigen Teil, der Fortsetzung des vorigen zur gegenüberliegenden, äusseren Schneckenwand, L. sp. membranacea. Diese

Fig. 36. Corti'sches Organ nach L. Katz.

letztere trägt im Ductus cochlearis (s. o.) die aus parallelen radiären Fasern zusammengesetzte Membrana basilaris. Auf dieser ist der schallempfindende Apparat, das Corti'sche Organ, aufgestellt.

Das Corti'sche Organ (s. Fig. 36) besteht aus:

1. den Corti'schen Bögen; auf jeder radiären Faser der Membrana basilaris steht ein Bogen. Er wird gebildet aus zwei S-förmig gekrümmten Pfeilern, einem inneren (dem Modiolus zugewandten) und einem äusseren, deren Kopfplatten verbunden sind. Der Bogen schliesst den Tunnelraum ein.

2. den Corti'schen Zellen, Haarzellen oder Hörzellen, den eigentlichen Sinneszellen. An den inneren Pfeiler legt sich eine innere Haarzelle an und daran Epithelzellen, die an Grösse allmählich abnehmen. An den äusseren Pfeiler legen sich 3-4 „äussere Haarzellen" an und daran die an Grösse nach der Wand zu allmählich abnehmenden Hensen'schen und Claudius'schen Zellen. Jede äussere Haarzelle sitzt mit ihrem abgerundeten unteren Teil auf einem seitlichen Protoplasmafortsatz einer Deiter'schen Zelle, dem Zangenbecher, auf.

Jede Deiter'sche Zelle trägt in ihrem Inneren eine centrale Stützfaser, auf welcher der Zangenbecher ruht, und sendet zwischen die Hörzellen einen schmalen Fortsatz hinauf, der in der Höhe des oberen Endes der Hörzellen zu einem breiten plattenähnlichen Gebilde anschwillt, daher Phalangenfortsatz genannt. Diese Endplatten der Phalangenfortsätze zusammen scheinen, in der Flächenansicht von oben gesehen, eine gemeinsame Membran zu bilden, die Lamina reticularis, die von den oberen Enden der Hörzellen unterbrochen und durch deren Haare überragt wird.

Oberhalb des Corti'schen Organs liegt noch eine aus feinen Fasern bestehende Membran, die Membrana tectoria, welche mit einem Ende an eine bindegewebige Auflagerung der Lamina spiralis ossea (dem Limbus spiralis) befestigt ist, während das andere Ende frei in das Lumen des Ductus cochlearis hineinragt.

Der **Nervus acusticus** teilt sich in zwei Äste, den N. cochlearis und N. vestibularis (s. u.).

Der **N. cochlearis** ist der eigentliche Gehörnerv. Er tritt in den Modiolus der Schnecke ein und breitet sich fächerförmig in der Lamina spiralis ossea aus. Von da gehen nackte Axencylinder zu den inneren und äusseren Hörzellen als innere bez. äussere radiäre Nervenfasern. Die letzteren durchsetzen das Gewölbe, den Tunnel, des Corti'schen Bogens, daher Tunnelnerven genannt,

einer für jede Hörzelle, und endigen am unteren Ende derselben so, dass jeder ein wirres, innig verfilztes Geflecht, gleichsam ein Nest, bildet, welches sich also zwischen unteres Ende der Hörzelle und Zangenbecher der Deiter'schen Zelle einschiebt.

III. Die Gehörerregung.

Die Membrana basilaris gleicht mit ihren drehrunden radiär angeordneten und radiär gespannten, von der Schneckenkuppel zur Basis an Länge abnehmenden Fasern einer Aneinanderreihung gespannter Saiten, deren jede einen Eigenton hat, und von denen einzelne unabhängig von den übrigen in Mitschwingung versetzt werden, wenn ihr Eigenton in ihrer Nähe ertönt. Singt man in ein Klavier bei aufgehobenem Dämpfer einen Ton, so wird durch Resonanz nur diejenige Saite in Mitschwingung versetzt, welche auf diesen Ton abgestimmt ist, so dass man ihn erklingen hört. Ebenso werden durch Wasserwellen des Labyrinthes von bestimmter Schwingungszahl bestimmte Fasern der Membrana basilaris in Mitschwingung versetzt. Dadurch geraten wieder die ihnen aufsitzenden Gebilde, die Corti'schen Bögen mit den Hörzellen, in Schwingungen, und der Nervenfilz des zugehörigen Axencylinders wird mechanisch gereizt. Der Erregung der zugehörigen Hirnzellen im Hörcentrum geht die Empfindung der verschiedenen Töne parallel. Da die Fasern der Basilarmembran an der Schneckenbasis am kürzesten, an der Kuppel am längsten sind, so werden jene die Wahrnehmung der hohen, diese die der tiefen Töne vermitteln.

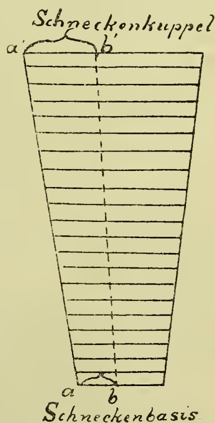


Fig. 37. Membrana basilaris aufgerollt.
a b, a' b' Corti'sche Bögen.

Auch in den Säckchen des Vorhofs (Sacculus und Utriculus) an der Macula acustica befinden sich härchentragende Epithelzellen, auf denen die Otolithen liegen. Man hat angenommen, dass diese Zellen nicht auf bestimmte Tonhöhen abgestimmt sind, sondern dass sie durch Wellen von jeder beliebigen Periode in Mitbewegung versetzt werden können; sie sollen daher der Empfindung der Geräusche dienen.

IV. Die Schallempfindung.

Die Schallempfindungen werden eingeteilt in Geräusche, Töne und Klänge.

Geräusche.

Sie kommen zu Stande durch unregelmässige nicht periodische Schwingungen.

Töne.

Folgen die Schwingungen regelmässig und genügend schnell aufeinander, so empfinden wir einen Ton. Ein einfacher Ton wird hervorgerufen durch einfache Schwingungen, die man sich denken kann als Schwingungen eines unendlich langen Pendels[1]. Die Linie, welche die schwingenden Teile in einem gegebenen Zeitmoment verbindet, beschreibt eine aus zwei Halbkreisen zusammengesetzte Kurve, die man, da die Geschwindigkeit eines Pendels proportional dem Sinus des Ablenkungswinkels ist, Sinuskurve nennt.

Stimmgabeln geben einfache Töne.

An einem Ton unterscheidet man seine

1. Intensität. Sie ist dem Quadrat der Schwingungsamplitude direkt proportional.

2. Höhe. Sie ist der Zahl der Schwingungen in der Zeiteinheit direkt proportional.

Der tiefste überhaupt hörbare Ton hat 19 Schwingungen in der Sekunde, der höchste 40000.

Die in der Musik verwendeten Töne haben Schwingungszahlen zwischen 33 in der Sekunde (contra C) und 4000 (viergestrichenes h).

Einen Ton, dessen Schwingungszahl in der Zeiteinheit stetig zunimmt, nennt man „Heulen“.

Klänge oder musikalische Töne.

Die scheinbar einfachen Töne der musikalischen Instrumente und unserer Stimme stellen in Wirklichkeit ein Gemisch von solchen dar; sie sind aus mehreren einfachen pendelartigen Schwingungen zusammengesetzt.

Zu dem von uns scheinbar allein gehörten Ton, dem Grundton, mischen sich in wechselnder Zahl und Stärke

---

[1]) In Deutschland und England nennt man Schwingung eine Pendel-Bewegung hin und her (Vibration double), in Frankreich eine Bewegung hin oder her (Vibration simple).

bestimmte höhere Töne, Obertöne, die in Bezug auf die Schwingungszahl in einem einfachen Zahlenverhältnis zum Grundton stehen. Die Wellenform hat nicht mehr die Gestalt einer einfachen Sinuscurve, sondern eine mannigfach davon abweichende; dennoch lässt sie sich immer zerlegen in Systeme solcher einfachen pendelartigen Schwingungscurven.

Dies thut auch in der That das Ohr beim Hören eines Klanges und, indem es den verschiedenen Gehalt an Obertönen wahrnimmt, empfindet es das, was man die Klangfarbe, Timbre, nennt. Darauf beruht, dass uns ein Ton von derselben Höhe und Stärke, von verschiedenen Instrumenten oder der Stimme hervorgebracht, verschieden erscheint.

Die Erkennung der Obertöne wird erleichtert durch Resonatoren, Hohlkugeln von verschiedenster Grösse, deren weitere Öffnung der Tonquelle zugekehrt, deren engeres trichterförmiges Ende in den Gehörgang eingesetzt wird. Wird die Luftmasse in den Kugeln dadurch in Mitschwingung versetzt, dass ihr Eigenton aussen ertönt, so wird derselbe von dem Ohr in verstärkter Intensität gehört.

Harmonie.

Harmonisch klingen nur solche Töne, deren Schwingungszahlen in einem einfachen Verhältnis stehen, z. B. im Grundaccord: Grundton, grosse Terz, Quinte, Oktave.

$$C : E : G : c = 4 : 5 : 6 : 8.$$

Leibnitz: Musica est exercitium arithmeticae occultum nescientis se numerare animi. Solche harmonischen Klänge nennen wir Consonanzen.

Töne, deren Schwingungen in einem weniger einfachen Zahlenverhältnis stehen, empfinden wir unangenehm, sie bilden Dissonanzen. Die Dissonanz zweier Töne hat ihre Ursache in den

Schwebungen.

Diese bestehen in einem in regelmässigen Abständen sich wiederholenden Abschwellen und Anschwellen der Intensität des Tones und rühren her von der Interferenz zweier Schallwellensysteme. Treffen die Wellenberge und Wellenthäler zweier Schallwellen zeitlich zusammen, so summieren sie sich und verstärken den Ton; fallen aber Wellenberg und Wellenthal zeitlich zusammen, so wird der Ton schwächer oder erlischt ganz.

Die Anzahl der Schwebungen, welche in der Zeiteinheit gehört

werden, ist gleich dem Unterschied der Schwingungszahlen der Töne.

Treten mehr als 10—12 Schwebungen in der Sekunde auf, so sind dieselben einzeln nicht mehr wahrnehmbar, sie mischen sich als Geräusch dem Ton bei und geben ihm eine gewisse Rauhigkeit, die wir als Dissonanz empfinden, ähnlich der unangenehmen Empfindung des Auges, die ein flackerndes Licht hervorbringt.

Das Gefühl der Dissonanz erreicht bei einer gewissen Zahl von Schwebungen ein Maximum, bei etwa 32 in der Sekunde.

Kombinationstöne.

Wird ein Ton c gleichzeitig mit seiner Quinte g angegeben, so hört man einen tieferen Ton C leise mitklingen, dessen Schwingungszahl gleich der Differenz der Schwingungszahlen beider Töne ist, Tartini'sche oder Differenztöne.

Ausserdem giebt es noch eine andere Art Kombinationstöne, die weit schwächer und schwieriger wahrnehmbar sind, die Summationstöne, deren Schwingungszahl gleich der Summe der Schwingungszahlen der beiden ursprünglichen Töne ist.

Neuerdings hält man die Kombinationstöne für subjektive Töne, Schwebungstöne, die durch die Schwebungen erzeugt werden, sobald ihre Zahl in der Sekunde so gross ist, dass sie als Töne wahrgenommen werden (also über 32 in der Sekunde).

Der Duraccord erhält den Charakter des Klaren, Bestimmten der Befriedigung durch die Consonanz der Combinationstöne, der Mollaccord den Charakter des Unklaren, Verhüllten durch ihre Dissonanz.

V. Die Gehörwahrnehmung.

Werden wir uns der Gehörempfindungen bewusst, so haben wir eine Gehörwahrnehmung. Die Ursache derselben verlegen wir, wie bei den Gesichtsempfindungen, nach aussen und schreiben ihr unsere Empfindung als Eigenschaft zu. Wir sprechen von den verschiedenen Tönen und der Klangfarbe der Instrumente, während dies doch lediglich unsere Empfindungen sind. Die Verlegung nach aussen geschieht selbst dann, wenn eine rein centrale Erregung des Hörcentrums statt hat, wie im Traum, im Fieber oder bei Hirnkrankheiten, sog. Gehörhallucinationen.

Die **Richtung**, aus der ein Schall kommt, beurteilen wir im allgemeinen nach seiner Intensität, wobei die Ohrmuschel uns

unterstützt. Am stärksten wird der Schall empfunden, wenn der Gehörgang den Schallwellen in grader Linie zugewendet ist, so dass die Ohrmuschel die günstigste Stellung einnimmt, um Schallwellen in den äusseren Gehörgang zu reflektieren. Drückt man die Ohrmuscheln platt an den Kopf, so kann man die Richtung des Schalls, insbesondere ob er von vorn oder hinten kommt, viel schlechter unterscheiden.

Die **Entfernung** der Schallquelle pflegen wir nach der Intensität und der Veränderung der Klangfarbe zu beurteilen. In Bezug auf letztere ist zu bemerken, dass die höheren Töne eher verschwinden als tiefere, also die Obertöne eher als der Grundton. Von einer fernen Streichmusik hören wir zuerst den Bass (vergl. die Darstellung der scheinbar sich entfernenden Dorfmusik beim Bauernwalzer in Weber's Freischütz).

Das **Hören mit beiden Ohren** unterstützt ebenfalls unsere Erkenntnis der Richtung und Entfernung der Schallquelle.

Anhang.

Die Bedeutung der Bogengänge.

Die drei Bogengänge entspringen sämtlich an der hinteren Wand des Vestibulums und kehren nach einer nicht ganz vollständigen Kreistour wieder zu ihr zurück. Sie liegen in drei zu einander senkrechten Ebenen: der vordere obere steht in frontaler Richtung vertikal, der hintere untere in sagittaler Richtung vertikal, der laterale steht horizontal.

In ihnen liegen die entsprechenden Kanäle des häutigen Labyrinths, welche in den Ampullen an der Crista acustica ein härchentragendes Epithel besitzen. Zu den Bogengängen, insbesondere zu den Zellen der Crista acustica, die als Neuroepithel anzusehen sind, ziehen die Fasern des N. vestibularis.

Die Bogengänge und der N. vestibularis dienen höchst wahrscheinlich zur Erhaltung des Gleichgewichts und zur Orientierung im Raume, indem bei Bewegungen des Kopfes und des Körpers Flüssigkeitsströmungen in der Endolymphe der Bogengänge entstehen, welche die Haarzellen und damit die Endigungen des N. vestibularis reizen.

Zerstörung der Bogengänge hat wahrscheinlich keine Gehörstörung, wohl aber Störungen in der Haltung und Bewegung des Kopfes und des Körpers zur Folge.

Geruchssinn.

Die Nase, in der das Geruchsorgan localisiert ist, zerfällt durch eine sagittale Scheidewand (= Septum narium) in 2 Höhlen, eine rechte und eine linke; jede dieser beiden Höhlen besitzt also eine mediale Wand (= Septum narium) und eine laterale Wand, die von den Muscheln (obere, mittlere, untere) gebildet wird. Ausser diesen beiden Haupthöhlen gehören zur Nase auch mehrere Nebenhöhlen, die mit ersteren in direkter offener Verbindung stehen:

1. Keilbeinhöhle, Sinus sphenoidales,
2. Stirnhöhle, Sinus frontales,
3. Oberkieferhöhle, Sinus maxillares (= Antrum Highmori).

Alle diese Höhlen sind mit Schleimhaut ausgekleidet.

Man teilt jede der beiden Haupthöhlen in zwei Teile:

a) einen oberen (obere Hälfte) = Pars olfactoria,
b) einen unteren (= untere Hälfte) = Pars respiratoria.

Wenn sich die Nase bei der Atmung (= Respiration) beteiligt, so streicht die Luft durch Nasenlöcher, unteren Teil der Nasenhöhle (= Pars respiratoria), Choanen, Pharynx, Larynx etc. zu den Lungen. Wenn man dagegen etwas riechen will, so macht man bei geschlossenem Mund kurze, schnell auf einander folgende Inspirationen durch die Nase (= Schnüffeln), zieht so die zu riechende Substanz in den oberen Teil der Nasenhöhle und bringt sie mit der Riechschleimhaut (= Pars olfactoria) in Verbindung.

Die Schleimhaut der Pars respiratoria ist rötlich, trägt Flimmerepithel, enthält acinöse Drüsen, welche ein klares, wässriges Secret liefern, und weist an verschiedenen Stellen markhaltige Nervenfasern (Trigeminus) auf.

Die Schleimhaut der Pars olfactoria ist gelbbraun (diese Farbe rührt von einem innerhalb der Epithelzellen gelegenen gelblich-bräunlichem körnigen Pigment her), enthält schlauch-

förmige (sogenannte Bowman'sche) Drüsen und marklose Nervenfasern (des N. olfactorius). Das Epithel besteht aus:

1. Cylinderzellen (auch Stützzellen genannt).
2. Stäbchenzellen = Riechzellen = Endorgane des N. olfactorius, liegen zwischen den Cylinderzellen, sind spindelförmig mit grossem Kern und Kernkörperchen, senden einen stäbchenförmigen Fortsatz zwischen die Epithelzellen hindurch zur freien Oberfläche und stehen in direkter Verbindung mit den Endausbreitungen des N. olfactorius.
3. Ersatzzellen, Basalzellen = junge Elemente, treten später an die Stelle der zu Grunde gegangenen Cylinderzellen, liegen direkt auf dem Bindegewebe der Mucosa zwischen den basalen Teilen der Cylinderzellen.

Der Riechnerv ist der N. olfactorius.

Zum Geruchscentrum gehören Gyrus fornicatus, Gyrus Hippocampi, Substantia perforata antica, Bulbus olfactorius.

Man riecht nur gasförmige Substanzen, so lange sie durch die Pars olfactoria bewegt werden. Steht das Gas still, so hört auch die Geruchsempfindung auf. Mechanische oder chemische Reizung der Nasenschleimhaut liefert keine Geruchsempfindung. Manche Substanzen werden nicht nur durch den Geruch (N. olfactorius) wahrgenommen, sondern wirken zugleich auch chemisch reizend auf die in der Nasenschleimhaut vorhandenen sensiblen Nervenendigungen (Trigeminus), z. B. Ammoniak, Essigsäure.

Der Geruchssinn ist sehr fein, man riecht noch:

Ammoniak $\frac{1}{33000}$ gr

Phosphorwasserstoff $\frac{1}{55000}$ gr

Brom $\frac{1}{200000}$ gr

Schwefelwasserstoff $\frac{1}{1700000}$ gr

Chlorphenol (C_6 H_4 Cl OH) $\frac{1}{4600000}$ gr

Aethylmercaptan (C_2 H_5 S H) $\frac{1}{460000000}$ gr

Es ist sehr schwer, die Geruchsempfindungen in verschiedene Qualitäten einzuteilen. Man unterscheidet angenehme und un-

angenehme Gerüche, doch bestehen dabei grosse individuelle Unterschiede. Die unangenehm riechenden Substanzen sind meist auch dem Körper gefährlich und werden durch den Geruchsinn als solche erkannt.

Der Geruchsinn wirkt vielfach mit dem Geschmacksinn zusammen.

[Verlust des Geruchsinnes = Anosmie (ὀσμή = Geruch = Anaesthesia olfactoria.]

Die sensiblen Nerven der sehr empfindlichen Nasenschleimhaut gehören dem II. Ast des Trigeminus an.

Man prüft den Geruchssinn durch Vorhalten riechender Stoffe, die aber nicht zugleich die sensiblen Fasern irgendwie reizen dürfen.

Geschmackssinn.

Das Geschmacksorgan bilden die sogenannten Geschmacksknospen oder Schmeckbecher. Sie sind von flaschenförmiger Gestalt und bestehen aus den inneren „Geschmackszellen“, welche oben stäbchenartig endigen und nach unten in feine Fädchen auslaufen, die mit den Endausbreitungen des Geschmacksnerven sich verbinden; diese Zellen sind nach aussen von den daubenartig angeordneten Stütz- oder Deckzellen umschlossen. Schmeckbecher finden sich im Epithel der Papillae circumvallatae, foliatae und einiger fungiformes der Zunge, ferner im weichen Gaumen und den hinteren Gaumenbögen. Der Geschmacksnerv ist der N. Glossopharyngeus; seine Fasern ziehen teils direkt, teils durch die Jacobson'sche Anastomose im N. lingualis Trigemini zu den Schmeckbechern.

Der Geschmackssinn ist der eigentliche chemische Sinn. Den adäquaten Reiz bilden gelöste oder auf der Zunge lösliche Stoffe, die in direkte Berührung mit den Schmeckbechern treten; wie dann die Erregung zu Stande kommt ist unbekannt. Nicht lösliche Körper (Eiweiss, Gummi) werden durch den Geschmackssinn nicht wahrgenommen.

Wir unterscheiden 5 Geschmacksqualitäten:

1. Süss schmecken die mehratomige Alkohole mit höherem Kohlenstoffgehalt;
2. Bitter schmecken die Alkaloïde;
3. Salzig schmecken die als Salze bezeichneten Verbindungen von Säuren mit Alkalien; doch giebt es hiervon Ausnahmen z. B. neutrales Bleiacetat (Bleizucker) schmeckt süss.
4. Sauer schmecken die Säuren;
5. Laugenartig schmecken die Alkalien oder Basen.

3, 4 und 5 gehen bei intensiv wirkenden Substanzen leicht in Schmerzempfindung über.

Die beste Temperatur zum Schmecken liegt bei 10—35° C. Kaltes und heisses Getränk heben vorübergehend die Geschmacksempfindung auf.

Die Zeit zwischen Application einer Substanz und Eintritt der Empfindung beträgt für:

Chlornatrium	0,16″	Säuren	0,17″
Zucker	0,16″	Chinin	0,21″.

Strychnin schmeckt

stark bitter in wässriger Lösung	1 : 40 000
merklich bitter	1 : 400 000
noch erkennbar	1 : 640 000

Die Empfindlichkeit für Chinin ist 211 mal grösser als für Chlornatrium.

Bei manchen Stoffen hört die Geschmacksempfindung zugleich mit dem Verschlucken derselben auf, bei andern, insbesondere bitteren, besteht sie lange Zeit nach dem Verschlucken fort, Nachgeschmack, und kann selbst durch nachfolgende Geschmackseindrücke anderer Qualität nicht gänzlich verdrängt werden.

Lässt man den constanten elektrischen Strom durch die Zunge hindurchgehen, so hat man während der Dauer der Stromesschliessung an der Stelle des Stromeintritts (= Anode) eine säuerliche, an der Stelle des Stromaustritts (= Kathode) eine bittere Geschmacksempfindung.

---

25. Gefühlssinn.

Die Nervenendapparate.

Die äussere Haut und die Schleimhäute stellen ein peripherisches Sinnesorgan dar, das der Gefühlsempfindung dient. Die sensiblen Nerven endigen darin entweder:

1. frei, nur mit einer terminalen knopfförmigen Anschwellung versehen, zwischen den Epithelzellen oder

2. mit besonderen Nervenendapparaten. Diese sind entweder Tastzellen oder Endkolben.

Zu den Tastzellen gehören:

a) einfache Tastzellen, an deren Unterseite sich eine marklose Nervenfaser anlegt;

b) zusammengesetzte Tastzellen (Grandry'sche, Merkel'sche Körperchen). Sie sind bis jetzt nur bei den Vögeln gefunden. Sie wurden „einfache Tastkörperchen“ genannt.

Zu den Endkolben gehören:

a) die Krause'schen Kolbenkörperchen; der Axencylinder ist von einem feinkörnigen Kolben umgeben, während das Neurilemm in die umgebende Hülle übergeht.

b) Genitalnervenkörperchen, die herantretende Nervenfaser läuft in Windungen um den Innenkolben herum und der nackte Axencylinder dringt schliesslich in das Innere ein.

c) Vater-Paccini'sche Körperchen, ähnlich wie a, nur besteht die Hülle aus einer Anzahl ineinander geschachtelter, Flüssigkeit enthaltender Kapseln, zwischen denen platte Bindegewebszellen liegen; die Kapsel ist ebenfalls aus dem Neurilemm hervorgegangen.

d) Wagner-Meissner'sche Körperchen, es sind elliptische Gebilde mit Querstreifung, die herrührt von den quergestellten Kernen und Zellgrenzen der die Hülle bildenden abgeplatteten Zellen. Der nackte Axencylinder geht in eine dem Innenkolben entsprechende körnige Substanz über.

Schliesslich gehören zu den Nervenendapparaten noch die Tast- oder Fühlhaare, deren jedes mit einer Nervenfaser verbunden ist.

Einteilung des Gefühlssinnes.

Im Wesentlichen haben wir zwei Arten der Gefühlsempfindungen, die nicht ineinander übergehen können, die wir daher als Modalitäten (s. Einleitung in die Sinnesphysiologie) betrachten müssen: Tast- und Temperaturempfindungen und dem entsprechend mechanische und thermische Einwirkungen, die den adäquaten Reiz bilden.

Diesen Gefühlen, die durch äussere Sinnesreize hervorgebracht werden, können diejenigen gegenübergestellt werden, die nur aus inneren Reizen hervorgehen, und die uns über die Zustände des eigenen Körpers unterrichten. Wir fassen sie als Gemeingefühle zusammen. Sie sind, sofern sie an die Funktion der Tastorgane gebunden sind, innere Tastempfindungen, wie sie durch die Lage, durch die Bewegungen, durch die Kraftleistungen des Körpers ausgelöst werden. Dazu kommen noch alle sonstigen aus inneren Reizen hervorgehende Empfindungen, darunter diejenigen, die in dem physiologischen und pathologischen Zustand der Organe begründet sind.

Die Empfindungen des Gefühlssinnes beziehen wir auf den Ort, welcher vom Reize getroffen wird. Die Genauigkeit dieser Lokalisation ist sehr verschieden. Am unvollkommensten ist sie bei den Gemeingefühlen. Vielleicht kommt hier aber eine Ortsvorstellung überhaupt nur zu Stande, insofern sie mit Tast- und Temperaturempfindungen in Verbindung tritt. Nur die letzteren beiden, der Tastsinn noch mehr als der Temperatursinn, sind in Bezug auf ihr Lokalisationsvermögen messenden Untersuchungen zugänglich.

Diese Fähigkeit, den gereizten Ort anzugeben, die Tastempfindungen in der Haut zu lokalisieren, hat man auch als besonderen Sinn, als Ortssinn bezeichnet.

Tastsinn.

Am Tastsinn unterscheidet man den Tastsinn im engeren Sinn und den Drucksinn.

Tastsinn.

Der Tastsinn giebt uns (auch nach Ausschluss des Gesichtssinnes) Auskunft über Grösse und Beschaffenheit der Oberfläche der Körper. Vervollständigt wird dieser Eindruck dadurch, dass Tastorgan und Object gegen einander verschoben werden und das Tastorgan auf diese Weise mit verschiedenen Stellen ein und desselben Körpers in Berührung kommt. Dieses Tastvermögen ist besonders an den Händen ausgebildet, welche vermöge der Beweglichkeit der Finger ganz besonders geeignet zum Tasten erscheinen. Dabei sind wir an eine bestimmte Stellung des Tastorgans gewöhnt, z. B. berühren sich normaler Weise Ulnarfläche des II. Fingers und Radialfläche des III. Fingers; was zwischen diesen beiden Fingern liegt, wird also stets von diesen beiden Flächen berührt. Wird die normale Stellung des Tastorgans verändert, so unterliegt man Täuschungen. Kreuzt man Zeigefinger und Mittelfinger und betastet mit den gekreuzten Fingerspitzen eine Erbse (= Erbsversuch des Aristoteles), so erhält man die Vorstellung von 2 Erbsen; denn die Erbse berührt Radialfläche des II. und Ulnarfläche des III. Fingers, d. h. 2 Flächen, die bei normaler Stellung des Tastorgans eine Berührung nur von zwei verschiedenen Gegenständen erfahren können.

Es scheint, als ob wir beim Tastsinn verschiedene Qualitäten von Empfindungen haben. Wir unterscheiden glatte und rauhe, spitze und stumpfe, harte und weiche Eindrücke, wobei zwischen den einzelnen Gegensätzen alle möglichen Übergänge stattfinden können. Ebenso charakteristisch sind die Empfindungen, die Flüssigkeiten (Wasser, Öl, Quecksilber) und der Widerstand der bewegten Luft hervorbringen; in letzterer Beziehung wieder empfinden wir einen Windstoss anders als eine Schallvibration. Indessen handelt es sich hier wahrscheinlich nicht um verschiedene einfache Qualitäten, als vielmehr um räumlich und zeitlich verschiedene Complexe derselben einfachen Tastempfindung, combiniert mit der Druckempfindung.

Tastwahrnehmungen finden sich nur an der äusseren Haut und ihren nächsten Fortsetzungen (Mundhöhle, Nasenhöhle, Mastdarm, Urogenitalöffnung, äusserer Gehörgang) und fehlen in allen Eingeweiden (Magen, Darm etc.), dort findet sich nur Schmerzempfindung.

Die Tastempfindungen gelangen durch die hinteren Wurzeln

der Spinalnerven, durch die Ganglien der grauen Hinterhörner, durch die Hinterstränge derselben Seite aufwärts zur Medulla oblongata, treten dort auf die entgegensetzte Seite über (obere Pyramidenkreuzung), verlaufen durch Pons, Pedunculus cerebri (Haube), Capsula interna (innere Hälfte des hinteren Drittels), Stabkranz zum Parietallappen (dem Centrum für die Tastempfindungen).

Drucksinn.

Er meldet uns, wenn eine äussere Kraft auf die Körperfläche einwirkt. Dabei scheint es, als ob wir verschiedene Qualitäten unterscheiden könnten. So glauben wir, wenn wir die Aufmerksamkeit darauf besonders lenken, bei demselben Druckreiz auf der Volarfläche eine andere Empfindung zu haben als auf der Dorsalfläche. Die Druckempfindungen werden nicht nur als solche wahrgenommen, sondern auch ihrer Stärke nach abgeschätzt. Man prüft den Drucksinn, indem man den zu untersuchenden Teil auf eine feste Unterstützungsfläche auflegt und mit verschieden schweren Gewichten belastet. Die minimalen Gewichte, die eben als Belastung empfunden werden, sind:

Stirn, Schläfe	2 mgr
Bauch	5—10 mgr
Handteller	5—15 mgr
Handrücken	2—5 mgr
Vorderarm	2—15 mgr
Äusserer Fussrand	115 mgr
Plantarseite des Fusses	115—515 mgr
Nägel der Finger und Zehen	1000 mgr.

Kalte Gewichte erscheinen schwerer als warme.

Auch für Druckunterschiede ist die Haut sehr empfindlich. An Stirn, Lippen und Wangen können wir Gewichte unterscheiden, die sich wie 29:30 verhalten, doch nur dann, wenn zwischen dem Auflegen beider Gewichte mindesten 15 Sek. vergangen sind.

Temperatursinn.

Den Ausgangspunkt der Temperaturempfindungen bildet die Eigenwärme der Haut. Sobald eine Hautstelle über diesen ihren physiologischen Nullpunkt erwärmt wird, entsteht Wärmeempfindung, sobald sie unter denselben abgekühlt wird, Kälteempfindung.

Dieser Nullpunkt ist aber selbst nicht unveränderlich, sondern, da sich die Haut der Aussentemperatur bis zu einem gewissen Grade anpasst, so sinkt er in der Kälte und steigt in der Wärme. Ausserdem ist er bei derselben Temperatur für verschiedene Stellen des Körpers verschieden (s. Tierische Wärme). Am grössten ist die Empfindlichkeit für Temperaturen, die dem betreffenden Nullpunkt nahe liegen.

Es scheint, als ob diese beiden Qualitäten auch durch spezifisch verschiedene Endorgane vermittelt werden. Es zeigt sich nämlich, dass die Temperaturempfindung nicht gleichmässig über die ganze Haut verbreitet ist. Vielmehr ist sie an einzelne Punkte gebunden, von denen die einen nur der Empfindung der Kälte, die anderen nur der Empfindung der Wärme dienen: Kältepunkte und Wärmepunkte. Von den zwischen den Punkten gelegenen Hautstellen gelingt es nicht, eine Temperaturempfindung hervorzurufen.

Die Verbreitung dieser Punkte ist eine sehr verschiedene. Am dichtesten stehen die Kältepunkte, sowohl wie die Wärmepunkte in der Hohlhand. Der Minimalabstand zweier Kältepunkte beträgt hier 0,8 mm, zweier Wärmepunkte 2 mm.

Ausser von der Anzahl der auf der Flächeneinheit vorhandenen Temperaturpunkte hängt die Feinheit des Temperatursinnes auch noch von der Dicke der Epidermis und von der Grösse der empfindenden Fläche ab.

Die feinste Unterschiedsempfindlichkeit wurde an der Fingerhaut zwischen 12° und 25° gefunden, wo dieselbe den Angaben eines feinen Quecksilberthermometers nahe kam.

Ein Stück Metall, das als guter Wärmeleiter der Haut schnell Wärme entzieht, erscheint kälter als ein Stück Holz von der gleichen Temperatur. Wasser, welches die Temperatur des physiologischen Nullpunktes besitzt, wird nicht empfunden.

Ortssinn.

Vermöge des Ortssinnes sind wir im stande, den Ort anzugeben, wo eine Reizung durch Berührung, Druck, Wärme Kälte u. s. w. stattgefunden hat. Der Ortssinn ist an verschiedenen Körperstellen sehr verschieden, an einigen Stellen ist er gröber, an anderen feiner.

Behufs Prüfung des Ortssinnes berührt man bei geschlossenen Augen irgend eine Hautstelle und lässt den Ort der Berührung mit dem Finger bezeichnen; Gesunde treffen sehr genau oder irren nur um 1—2 cm.

Eine andere Art der Prüfung geschieht in der Weise, dass man die beiden Spitzen eines Tasterzirkels auf die zu untersuchende Stelle aufsetzt; wenn man die beiden Spitzen bis zu einer gewissen Grenze genähert hat, ist der Ortssinn nicht mehr im stande, sie als zwei Spitzen zu unterscheiden und nimmt nur noch eine Berührung wahr. Die Entfernung, in welcher die Spitzen eben noch als zwei empfunden werden, giebt das Maass für den Ortssinn der betreffenden Stelle ab.

Aus messenden Versuchen am Erwachsenen hat sich ergeben, dass zwei Spitzen eben noch als zwei empfunden wurden, wenn ihre Entfernung in Millimetern betrug:

Zungenspitze	1
Volarseite des letzten Fingergliedes	2
Lippe	5
Wange	9
Stirn	23
Handrücken	34
Unterschenkel	40
Mitte des Oberarms und Oberschenkels	68

Misst man für irgend eine Hautstelle die Entfernung, in welcher beide Spitzen eben noch als eine gefühlt werden, und führt diese Messung nach verschiedenen Richtungen aus, so erhält man eine kreisförmige oder mehr ovale Figur, Empfindungskreis genannt, innerhalb dessen also stets zwei gleichzeitige Reize als einer wahrgenommen werden. Nicht an allen Stellen der Haut kommt den Empfindungskreisen eine wirklich kreisförmige Gestalt zu. Meist ist die Unterscheidungsfähigkeit in longitudinaler und querer Richtung verschieden, und zwar in letzterer feiner.

Benachbarte Empfindungskreise greifen in einander über.

Gemeingefühle.

Hierzu rechnen wir den **Muskelsinn.**

Er belehrt uns nicht nur über den Grad der Muskelanstrengung, welche zur Überwindung eines Widerstandes (Kraft-

empfindung) oder zur Hebung einer Last (Bewegungsempfindung) nötig ist, sondern auch über die jedesmalige Lage der Glieder (Lageempfindung). Das anatomische Substrat dieses Sinnes sind die sensiblen Muskelnerven, noch wichtiger als diese aber wahrscheinlich die Sehnennerven und Gelenknerven. Durch alle diese Nerven werden wir über die Lage, Stellung und Bewegung des Körpers und seiner Teile unterrichtet. Reflektorisch werden dann die coordinierten Bewegungen ausgelöst, die zur Erhaltung des Gleichgewichts notwendig sind.

Vermittelst des Muskelsinnes vermögen wir auch die Schwere gehobener Gegenstände zu beurteilen. Um die Feinheit des Muskelsinnes in dieser Beziehung zu prüfen, werden die Gewichte in ein nach Art einer Schleuder zusammengelegtes Tuch eingewickelt und gehoben. Drucksinn und Muskelgefühl unterstützen sich vielfach, doch ist das Muskelgefühl feiner, da man durch dasselbe Gewichte unterscheidet, die sich wie 39 : 40 verhalten, während der Drucksinn nur Gewichte trennt, die sich wie 29 : 30 verhalten.

Welch hohe Bedeutung dem Muskelgefühl zukommt, beweisen die Sprache und die Augenbewegungen.

Schmerz.

Jede Sinnesempfindung und jede Gemeinempfindung wird, wenn sie eine bestimmte Stärke überschreitet, zum Schmerze. Wir haben schmerzhafte Tasteindrücke, schmerzhafte Gehörempfindungen, schmerzhafte Lichtempfindungen, ebenso schmerzhafte Organempfindungen, die je nach ihrem Sitz verschieden erscheinen.

Andererseits hat der Schmerz selbst, von wo er auch immer ausgehen mag, etwas Gemeinsames, so dass, wie es scheint, jene verschiedenen schmerzhaften Empfindungen nur zu stande kommen, so lange die eigentliche Schmerzgrenze nicht erreicht ist. Dies beruht wohl darauf, dass der Schmerz überall in Erregungsvorgängen der Nerven selbst, nicht in der Reizung besonderer Endapparate seine peripherische Quelle hat. Darauf würde hinweisen, dass die Schmerzempfindung im Gegensatz zur Tast- und Druckempfindung auch vom Nervenstamm aus erregt werden kann. In letzterer Beziehung sind zwei Erscheinungen bemerkenswert:

1. die sog. Irradiation des Schmerzes d. i. die Ausbreitung des Schmerzes in einem Hof um den direkt afficierten Teil z. B. Gesichtschmerz bei Zahnweh; sie beruht auf Mitempfindung (s. d.).

2. die excentrische Projektion oder besser die peripherische Lokalisation der Empfindungen. Wird ein sensibler Nerv an einer Stelle seines Verlaufs von einem hinreichend starken Reiz getroffen, so entsteht eine Schmerzempfindung, und diese Schmerzempfindung wird an die Peripherie d. h. an die Endausbreitung des Nerven verlegt. Wird z. B. der N. ulnaris am Condylus int. humeri durch irgend einen Insult gereizt, so entsteht eine schmerzhafte Empfindung in der Endausbreitung des Nerven d. h. in der Hand. Ebenso klagen Amputierte über Schmerzen in den abgesetzten Gliedmassen.

Die Schmerzempfindung kann durch verschiedenartige Reize (physikalische, chemische, thermische, elektrische) erregt werden; sie ist bei gleicher Reizintensität um so stärker, je grösser die gereizte Oberfläche ist.

Von den echten Sinnesempfindungen unterscheidet sich die Schmerzempfindung auch dadurch, dass oft zwischen schmerzerregender Einwirkung und Eintritt der Schmerzempfindung ein Zwischenraum von mehreren Sekunden verfliesst, und schliesslich, dass die Nachempfindung des Schmerzes sehr lange andauert.

Die übrigen Gemeingefühle.

Über die Schauder-, Kitzel-, Wollust-, Ekelgefühle ist wenig sicheres bekannt. Häufig treten sie als Begleiterscheinungen anderer echter Sinnesempfindungen auf. Sie können bisweilen auch durch blosse Vorstellungen erweckt werden. Auch das Hunger- und das Durstgefühl gehören hierher (s. S. 126).

---

26. Zeugung.

Unter Zeugung versteht man den Vorgang, durch welchen neue Individuen hervorgebracht werden.

Arten der Zeugung.

Urzeugung

ist die Entstehung von Organismen aus unbelebter Materie (s. Einleitung). In frühester Zeit (Aristoteles) nahm man sie selbst für Aale und Frösche und bis Spallanzani noch für Insekten an. Später beschränkte man sie auf die niedersten Organismen und glaubte sie besonders in Pflanzenaufgüssen (daher Aufgusstierchen, Infusorien) beobachtet zu haben, bis gezeigt wurde, dass die Keime solcher Organismen durch die Luft hineingelangen und sich auf dem günstigen Nährboden entwickeln.

Seitdem nimmt man als gegenwärtig geltend nur noch die

elterliche Zeugung oder **Tokogonie** an.

Neue Individuen entstehen nur aus gleichartigen elterlichen. Man unterscheidet dabei eine **ungeschlechtliche** oder **monogene Zeugung** aus **einem** elterlichen Organismus. Sie kann zu Stande kommen

1. durch Teilung. Der elterliche Organismus zerfällt in zwei oder mehrere gleichartige Stücke, deren jedes sich zu einem selbständigen Organismus fortentwickelt.
2. durch Sprossung oder Knospung. Durch unregelmässiges Wachstum entsteht eine Hervorragung, Knospe, ein für das Muttertier nicht notwendiger Teil, der grösser wird und zu einem selbständigen Individuum auswächst. Dabei löst es sich entweder vom mütterlichen Organismus oder bildet mit ihm vereinigt Colonieen, Tierstöcke (Polypen, Bryozoen).
3. durch Sporenbildung. Es bilden sich innerhalb des

Organismus Keime, die sich herauslösen, fortleben und zu eben solchen Organismen weiter entwickeln.

Geschlechtliche oder digene Zeugung. Zwei verschiedene Zeugungselemente vereinigen sich.

1. **Das männliche:** der Samen, Sperma, entsteht im Hoden;
2. **das weibliche:** das Ei, Ovulum, entsteht im Ovarium.

Sind beide Elemente, bez. die sie bereitenden Organe im Körper eines und desselben Organismus vereinigt, so spricht man von Hermaphroditismus; sind sie auf zwei Individuen getrennt verteilt, von Geschlechtsdimorphismus.

Parthenogenesis, jungfräuliche Zeugung. Trotz Vorhandensein zweier Geschlechter und zweier verschiedener Zeugungsprodukte können sich auch Eier unbefruchtet (jungfräulich, d. h. ohne mit Sperma in Berührung gekommen zu sein), zu neuen Individuen entwickeln, z. B. bei den Bienen:

Königin = Weibchen mit vollkommen entwickeltem Geschlechtsapparat,

Arbeiterinnen = Weibchen mit verkümmerten Geschlechtsteilen,

Drohnen = männliche Bienen.

Beim Ausflug (sog. Hochzeitsflug) wird die Königin von einer Drohne begattet, empfängt sehr reichlich Samen, den sie in dem Receptaculum seminis aufbewahrt. Sie legt nun befruchtete und unbefruchtete Eier, je nachdem sie den vorbeitretenden Eiern Samen aus dem Receptaculum beimischt oder nicht. Unbefruchtete Eier werden zu Drohnen. Befruchtete Eier werden zu weiblichen Bienen. Diese werden durch besondere Fütterung, das Königinnenbrot, in einer besonderen Wabe, der Weiselwiege, zu zeugungsfähigen Königinnen; aus den anderen werden geschlechtlich verkümmerte Arbeitsweibchen. Fluglahme, also nicht befruchtungsfähige Königinnen, legen nur unbefruchtete Eier, sind drohnenbrütig.

Metagenesis, Generationswechsel; es wechselt die Zeugungsform in dem Lebenskreise einer Art. So beim Bandwurm. Der fertige Bandwurm im Darm des Menschen besteht aus Kopf (Scolex) und Gliedern (Proglottiden).

Der Kopf erzeugt an seiner Basis in der Längsrichtung des Tieres fortwährend neue Glieder, die sich zwischen Kopf und die älteren Glieder einschieben, so dass das dem Kopf zunächst gelegene Glied stets das jüngste, das am weitesten entfernte stets

das älteste ist. Der Kopf erzeugt also ungeschlechtlich durch Sprossung neue Glieder.

Jedes der Glieder stellt einen Hermaphroditen dar, es enthält männliche (Penis) und weibliche (Scheide) Geschlechtswerkzeuge dicht bei einander, begattet sich selbst (geschlechtliche Zeugung), erzeugt befruchtete Eier, welche mit dem Kot aus dem Menschen entleert werden. Jedes Ei wächst wieder zu einem Scolex in einem anderen Tier, Zwischenwirt (z. B. Rind) aus. Es bildet dabei eine Blase, an deren Innenfläche der Scolex sich entwickelt. Dieser Blasenzustand des Bandwurms, sein Jugendzustand, heisst Finne, Cysticercus, auch Blasenwurm genannt. Wird blasenhaltiges, finniges Fleisch vom Menschen genossen, so wird die Blase verdaut, der in ihr enthaltene Scolex bleibt zurück, entwickelt durch Sprossung Glieder und wächst so wieder zum fertigen Bandwurm aus.

Die männlichen Geschlechtsprodukte, der Samen.

Beschaffenheit des Samens.

Der Samen, das Sperma, ist das Sekret der männlichen Keimdrüse, des Hodens, einer tubulösen Drüse. Er stellt eine weissliche zähe fadenziehende Flüssigkeit dar, von neutraler bis alkalischer Reaktion und hohem spez. Gewicht. Er enthält 82% Wasser. Feste Bestandteile sind Albuminate, Nukleïn, eine eigentümliche Amidbase, das Protamin, ferner Cholestearin, Lecithin Fette; von Salzen vorwiegend Kalk- und Magnesiumphosphat. Ausserdem hat der Samen einen eigentümlichen Geruch; den unbekannten Stoff, der denselben verursacht, hat man Spermatin genannt, er stammt aus der Prostata.

Beim Stehenlassen erstarrt der Samen gallertig, es scheiden sich rhomboëdrische Krystalle aus, Spermakrystalle, auch sie stammen aus der Prostata.

Der Samen enthält ausserordentlich reichlich morphotische Elemente, die Samenfäden, Spermatozoen, etwa 50 μ lang; sie bestehen aus einem verdickten, kurz ovalen oder birnförmigen Kopfende, dem Kopf, einem stäbchenförmigen Mittelstück und einem dünnen fadenförmigen Anhang dem Schwanz, der im Innern den aus Fibrillen zusammengesetzten Axenfaden enthält. Sie gehen hervor

aus grossen runden vielkernigen Zellen in den Tubuli des Hodens, den sogenannten Spermatocyten. Aus dem Kern einer solchen Zelle geht der Kopfteil und das Mittelstück, aus dem Protoplasma der Schwanz hervor.

Die Samenfäden zeigen eine Eigenbewegung. Der Schwanz dient als aktives contractiles Bewegungsorgan, er macht schlagende, pendelnde Bewegungen und wellenförmige Schlängelungen. Die Geschwindigkeit der Fortbewegung beträgt 0,1 mm in der Sekunde. Alle die Agentien, welche die Flimmerbewegung beeinträchtigen, thun dies auch bei den Samenfäden, wie starke Säuren und Alkalien, starker Wasserzusatz, Alkohol, Äther, Chloroform. Dagegen wird die Beweglichkeit begünstigt durch schwache Alkalien und die Sekrete der weiblichen Geschlechtsorgane.

Bereitung des Samens.

Sie beginnt mit dem Eintritt der Geschlechtsreife oder Pubertät, in unserem Klima um das 15. oder 16. Jahr, damit erwacht auch der Geschlechtstrieb. Die Bereitung geht wahrscheinlich beständig vor sich, doch ist sie erhöht bei häufiger Entleerung des Samens. Der Samen gelangt aus dem Hoden in das Vas deferens, von da in den Ductus ejaculatorius, der im Colliculus seminalis in die Urethra mündet.

Dem aus der Urethra entleerten Samen ist das Sekret der Drüsen des Vas deferens, der Samenblasen, der Prostata und der Cooper'schen Drüsen beigemischt.

Entleerung des Samens.

Der Samenentleerung geht zunächst eine Erektion des Penis voraus, welche in starker Füllung der Blutgefässe und dadurch Zunahme der Consistenz und des Volumens des Penis besteht, wobei sich die Scheidenkrümmung desselben ausbildet. Hierauf wird der Samen durch Muskelthätigkeit aus dem Vas deferens und der Harnröhre ausgetrieben.

Erektion.

Die Füllung der Blutgefässe kommt zu Stande

1. durch stärkeren Blutzufluss der zuführenden Arterien in Folge der Wirkung der Vasodilatatoren in den Nn. erigentes;

2. durch Behinderung des Venenabflusses. Dies geschieht zum Teil schon durch die Schwellung der Corpora cavernosa selbst, wobei die in ihrer Rinde liegenden Venenanfänge comprimiert werden. Ferner werden durch Contraction des M. ischio-cavernosus

und transversus perinei profundus die Vv. profundae penis comprimiert.

Die Erektion erfolgt reflektorisch in Folge Reizung der sensiblen Penisnerven. Die centripetalen Bahnen laufen im N. dorsalis penis, das übertragende Centrum liegt im Lendenmark; centrifugale Bahnen sind die motorischen Nerven der Sacralnerven. Auch vom Grosshirn (durch sinnliche Vorstellungen) kann Erektion hervorgerufen werden.

Ejakulation.

Sie kommt zu stande durch kräftige Peristaltik des mit starker glatter Muskulatur versehenen Vas deferens und der Samenblasen. Ist der Samen in die Urethra gelangt, so wird er von hier aus durch rhythmische Contractionen des M. bulbo- und ischio-cavernosus in Absätzen herausgeschleudert.

Die durch eine Ejakulation entleerte Samenmenge beträgt 1—6 ccm.

Die weiblichen Geschlechtsprodukte, das Ei.

Beschaffenheit des Eies.

Die Keimzelle, das Ei, besteht aus:

1. einer hyalinen Zellenmembran, die fein radiär gestreift ist, Zona pellucida;

2. einem körnigen, sehr eiweissreichen Protoplasma, dem Dotter, Vitellus;

3. einem Kern, dem Keimbläschen, Vesicula germinativa;

4. einem Kernkörperchen, dem Keimfleck, Macula germinativa.

Der Dotter im Besonderen besteht aus zwei verschiedenen Substanzen:

a) aus der eigentlichen lebenden Substanz, dem Protoplasma, auch Bildungsdotter genannt und

b) aus dem Nährmaterial, dem Deutoplasma, welches zur Ernährung dient, daher Nahrungsdotter genannt.

In den Vogeleiern ist eine sehr grosse Menge Deutoplasma vorhanden. Man unterscheidet an ihm wiederum den gelben und weissen Dotter, während die Keimscheibe (Hahnentritt, Narbe, Cicatricula) den eigentlichen Bildungsdotter darstellt. Beim Menschen, wie überhaupt bei allen Säugetieren, ist der Nahrungsdotter nur in sehr geringer Menge vorhanden und in

Form von Körnchen, den Dotterkörnchen, gleichmässig über das Portoplasma verteilt.

Die Bildung der Eier.

Sie geht so vor sich, dass von dem Cylinderepithel, dem sogenannten Keimepithel, welches die Oberfläche des Ovariums überzieht, sich schlauchförmige Einstülpungen, die Ovarialschläuche, in das Stroma einsenken und in die Tiefe wachsen. Sie werden dann durch das Ovarialstroma abgeschnürt. Aus diesen Abschnürungen gehen die Graaf'schen Follikel hervor. Das sind kleine bläschenförmige Gebilde im Stroma des Ovariums, welche von einer gefässreichen bindegewebigen Kapsel, der Theca folliculi, umgeben sind. Auf der inneren Fläche derselben findet sich ein mehrschichtiges Epithel, die Membrana granulosa, welches an einer Stelle zu einem Haufen verdickt ist, dem Cumulus ovigerus oder Discus proligerus; dieser schliesst das Ei ein. Der Binnenraum des Follikels wird von dem Liquor folliculi eingenommen. In den Ovarialschläuchen, die in die Tiefe des Stromas wachsen, finden sich grössere runde Zellen, die Eizellen, während die kleineren Zellen zum Epithel der Graaf'schen Follikel werden.

Die Ausstossung des Eies, Ovulation.

Der Liquor folliculi nimmt mehr und mehr zu, dadurch wächst der Follikel und tritt an die Oberfläche des Ovariums. Schliesslich platzt er, wobei eine kleine Blutung stattfindet und das Ei wird in die Bauchhöhle entleert. An Stelle des geplatzten Follikels bildet sich eine Narbe, die durch eingelagertes Pigment gelb erscheint, Corpus luteum.

Das losgelöste Ei wird durch die nach dem Uterus hin wimpernden Flimmerzellen der Tuben in diese hinein und in den Uterus fortgeführt.

Beim Menschen findet alle 4 Wochen eine Eiausstossung statt. Dieselbe ist begleitet von einer Blutung aus der Uterinschleimhaut, Menstruation, sie erfolgt durch Abstossung der obersten Lagen des Flimmerepithels, der Decidua menstrualis, infolge fettiger Degeneration der Zellen. Das Epithel regeneriert sich wieder aus den erhaltenen tieferen Zellenlagen der Schleimhaut.

Ovulation und Menstruation beginnen in unserem Klima etwa

im 15. Jahre und erlöschen ungefähr im 45. Jahre (Menopause, Klimakterium).

Die Reifung des Eies.

Der Befruchtung muss die Reifung vorangehen. Diese besteht darin, dass der Eikern an die Oberfläche des Eies rückt und unter Bildung einer Kernspindel eine mitotische Teilung eingeht. Die eine Hälfte wird durch die Eihülle ausgestossen und bleibt als Richtungskörperchen oder Polkörperchen dem Ei anliegen. Dann erfolgt eine nochmalige mitotische Kernteilung und die Ausstossung eines zweiten Richtungskörperchens. Danach rückt der übrig bleibende Kernteil in die Mitte der Eizelle zurück und bildet den weiblichen Vorkern.

Die Befruchtung.

Die Befruchtung besteht in der Vereinigung von Samenzelle und Ei oder genauer von männlichem Spermakern und weiblichem Eikern.

Von dem durch den Akt der Begattung in den weiblichen Genitalkanal entleerten Samen gelangt ein Teil der Spermatozoen vermöge ihrer Eigenbewegungen in den Uterus und von da in die Eileiter, wo sie gewöhnlich im Anfangsteil derselben, in der Ampulla, auf das ihnen entgegen fortbewegte Ei treffen. Nur eines der Spermatozoen dringt hier in das Ei ein. Der Schwanzfaden löst sich auf und der Kopf bildet einen neuen Kern, den Spermakern oder männlichen Vorkern; um ihn ordnen sich die Körnchen des Protoplasmas der Eizelle strahlenförmig an. Weiterhin rückt er gegen den weiblichen Vorkern oder Eikern vor, und in der Mitte der Eizelle vereinigen sie sich zu einem Gebilde, dem ersten Furchungskern. Dieser ist als das eigentliche Fortpflanzungsorgan und als der Träger der erblichen Eigenschaften zu betrachten. Es wird deshalb auch die Kernsubstanz als die eigentlich lebende Substanz (Idioplasma) bezeichnet.

Das so befruchtete Ei gelangt nach einigen Tagen in den Uterus und entwickelt sich dort weiter, indem die ursprüngliche Eizelle durch Karyokinese sich in eine immer zunehmende Menge von Zellen teilt: diesen Process nennt man Furchung.

Unbefruchtete Eier gehen bald zu Grunde.

Die Fruchtbarkeit.

Die Fruchtbarkeit, die Fähigkeit in einer gegebenen Zeit neue Geschöpfe hervorzubringen, ist bei verschiedenen Tieren verschieden. Günstigen Falls produciert

Elephant	alle 3—4 Jahre	1 mal 1 Junges
Pferd	„ 2 „	1 mal 1 Junges
Mensch	jährlich	1 mal 1 Junges
Kuh und Hirsch	„	1 mal 1 Junges
Schaf und Ziege	„	1—2 mal 1—2 Junge
Katze	„	2 mal 3—6 Junge
Hund	„	2 mal 4—10 Junge
Schwein	„	2 mal 6—12 Junge
Hase	„	2—3 mal 2—5 Junge
Kaninchen	„	5—8 mal 4—7 Junge
Maus	„	4—6 mal 4—10 Junge.

Anhang.

Daten und Tabellen.

Allgemeines.[1])

Körperlänge.

Des erwachsenen Mannes rund	172	cm
Des erwachsenen Weibes rund	160	"
Des Neugeborenen rund, nicht ganz	50	cm

Der verschiedenen Bevölkerung:

Frankreich	154	cm
Oesterreich	155	"
Italien, Spanien	156	"
Belgien	157	"
Deutschland (Baden)	157	"
(Preussen)	162	"
Nord-Amerika, England	160	"
Schweden	161	"

Längenwachstum.

Der Säugling nimmt zu im	1. Monat	4	cm
	2. "	3	"
	3. "	2	"
in den folgenden je		1,0—1,5	"

---

1) Die folgenden Angaben sind zum grössten Teil entnommen: Vierordt, Daten und Tabellen, 2. Auflage Jena 1893. Daten, die schon im Text vorkommen, sind nicht wiederholt.

	im 1.	Jahre	etwa		20	cm
	„ 2.	„	„		9	„
	„ 3.	„	„		7	„
	im 4. u. 5.	„	je	„	6,5	„
in den zehn folgenden		Jahren	je	„	6	„

Dimensionen des erwachsenen Körpers in cm.

	Männer	Weiber
Gesamthöhe	173	163
Vom Scheitel bis zum Nabel	69	65
Höhe des Kopfes vorn	22	20
„ „ „ hinten	14	13
Höhe des Halses vorn	11	10
Umfang des Halses	34	32
Höhe vom Nabel bis zum Schamberg	14	16
Umfang des Bauches um die Hüftbeinkämme	81	86
Umfang des Oberarms	28	26
„ „ Vorderarms am unteren Ende	19	18
Umfang des Oberschenkels am oberen Ende	51	49
„ „ „ „ unteren Ende	35	32
Umfang der Wade	37	34
Länge des Fusses von der Ferse bis zu den Zehen	26	23

Körpergewicht.

Des erwachsenen Mannes rund 65 k.
Des erwachsenen Weibes rund 53 k.
Der Neugeborenen rund 3,250 k.

Die Kinder Erstgebärender sind rund 141 g leichter als die Mehrgebärender. Unmittelbar nach der Geburt verliert das Kind an Gewicht etwas, im Ganzen etwa 150 g, dann steigt das Gewicht wieder und ist nach etwa 10 Tagen gleich dem bei der Geburt.

Zunahme des Körpergewichts des Säuglings.

Im	I.	Quartal	etwa	25—30	g
„	II.	„	„	15	„
„	III.	„	„	11	„
„	IV.	„	„	10	„

Körpergewicht und Körperlänge in den einzelnen Lebensjahren.

Alter	Mann		Weib	
	Länge m	Gewicht k	Länge m	Gewicht k
Geburt . . .	0,49	3,2	0,48	3,2
5 Jahre . . .	1	16	1	15
10 „ . . .	1,3	25	1,2	23
15 „ . . .	1,6	41	1,5	40
20 „ . . .	1,7	60	1,6	52
25 „ . . .	1,7	66	1,6	54
30 „ . . .	1,7	66	1,6	55
40 „ . . .	1,7	64	1,6	55
50 „ . . .	1,7	63	1,6	56
60 „ . . .	1,65	62	1,5	54

Die Kleider werden beim Manne auf $^1/_{18}$, beim Weibe auf $^1/_{24}$ des Gesamtgewichts geschätzt.

Körpervolumen und Körperoberfläche.

Ein Mann von 64 k Gewicht hat rund 60000 cm ^{3} Volumen und 16000 cm ^{2} Oberfläche.

Spezifisches Gewicht.

Gesamtkörper an normalen, 21—40 jährigen Leichen	0,9345
Knöcherner Schädel	1,717
Gelenkknorpel	1,0951
Sehnengewebe	1,1165
Quergestreifte Muskulatur	1,0414
Paniculus adiposus	0,971
Schneidezähne	2,240
Parotis (blutleeres Parenchym)	1,0455
Leber „ „	1,0572
Pankreas „ „	1,0470
Milz „ „	1,0579
Nieren	1,0520
Grosshirn	1,0361
Rückenmark	1,0343
Nerven	1,034—1,038

Gewicht (g) einiger Organe im normalen Erwachsenen (63 k).

		Mann	Weib
Gehirn		1374	1260
Herz		313	310
Lunge	rechte	513	510
	linke	441	424
Leber		1579	1526
Nieren		277	264
Milz		149	180

Anzahl der Knochen im menschlichen Körper.[1]

Schädel	7	Mittelhände und Finger mit 10 Sesambeinen	48
Gehörorgan	6	Hüften	2
Gesicht	15	Ober- u. Unterschenkel	8
Wirbelsäule	26	Fusswurzeln mit 2 Sesambeinen	16
Brustkorb	25	Füsse und Zehen mit 6 Sesambeinen	44
Schultergürtel	4		
Arme	6		
Handwurzeln	16		

Summa **223** Knochen.

Anzahl der Muskeln

	paarige	unpaare
am Kopf	26	1
„ Hals	16	
an Nacken und Rücken	90	
„ der Brust	27	
„ der oberen Extremität	49	
am Bauch	6	1
„ Becken	1	
an der unteren Extremität	62	
Hierzu Eingeweidemuskeln		
Mann	39	5
Weib	38	6
Gesamtsumme Mann	**316**	**7**
Weib	**315**	**8**

[1]) Zungen-, Steiss- und Brustbein sind einfach gezählt.

Anzahl der Nerven.

Einzeln genannt werden mit Ausschluss der als Rami und Ramuli bezeichneten, 360—400 (welche doppelt zu zählen sind).

Im besonderen zählt man:

12	Nervi cerebrales
8	Nervi spinales cervicales
12	„ „ dorsales
5	„ „ lumbales
5	„ „ sacrales
1	Nervus spinalis coccygeus
31	(selten als Varietät 32) Rückenmarksnerven.

Blonder und brünetter Typus in Mitteleuropa.

Eine mehr als 10 Millionen Schulkinder umfassende Statistik ergiebt — die Mischtypen machen mehr als die Hälfte aus — von den reinen Typen:

	blond[1]	brünett
Deutschland	31,80 %	14,05 %
Österreich	19,79	23,17
Schweiz	11,10	25,70

In Deutschland finden sich im besonderen:

	blond	brünett
Schleswig-Holstein	43,35 %	Norddeutschland 12—7 %
Oldenburg	42,75	
Pommern	42,64	
Mecklenburg	42,33	
Braunschweig	41,03	
Hannover	41,00	
Württemberg	24,46	Süddeutschland 25—19 %
Elsass-Lothringen	18,44	

Maasssystem.

Absolutes.	Technisches.
Masse als Grundmaass.	Gewicht als Grundmaass.
Einheit der Masse gleich der Masse des Grammstückes.	Einheit der Kraft gleich dem Gewicht eines Grammstückes unter 45° Breite.
Einheit der Kraft gleich dem Gewicht von $\frac{1}{981}$ g unter 45° Breite.	Einheit der Masse gleich der Masse von 981 g-Gewichten.

[1]) Unter blond sind verstanden: blonde Haare, blaue Augen, weisse Haut.

In der Physik bezeichnet man, um jede Zweideutigkeit zu vermeiden, mit Gramm (bez. Kilogramm) schlechtweg die Masseneinheit im absoluten Maasssystem, mit Grammgewicht bez. Kilogrammgewicht) die Einheit des Gewichts oder der Kraft im technischen System.

Bezeichnet F die Kraft, m die Masse, a die Beschleunigung, so ist F = ma. Für das absolute Maasssystem ergiebt sich hiernach als Einheit der Kraft diejenige, welche der Masseneinheit die Einheit der Beschleunigung erteilt.

Dasjenige absolute Maasssystem, in dem das Centimeter als Einheit der Länge, das Gramm als Einheit der Masse, die Secunde als Einheit der Zeit benutzt wird, nennt man das cm.g.sec.System.

In diesem System ist die Einheit der Kraft diejenige, welche der Masse von 1 g die Beschleunigung $\frac{1 \text{ cm}}{\text{sec}^2} = 1 \text{ cm} \cdot \text{sec}^{-2}$ erteilt; diese Krafteinheit heisst eine Dyne ($= \frac{\text{gc}}{\text{s}^2}$).

Die Einheit der Arbeit ist gleich der einer Dyne auf dem Weg von 1 cm, diese Einheit heisst ein Erg ($= 1 \text{ gc}^2\text{s}^{-2}$).

Als technische Einheit wird das Kilogrammgewicht benutzt; es ist

1 Kilogrammgewicht = 981 000 Dynen.

Allgemeine Muskel- und Nervenphysiologie.

Die elektrischen Maasse und Einheiten.

1 Siemens-Einheit (S. E.) = Widerstand einer Quecksilbersäule von 100 cm Länge, 1 mm² Querschnitt bei der Temperatur des schmelzenden Eises = 0,953 Ohm.

1 legales Ohm (Ω) = Widerstand einer Quecksilbersäule von 106 cm Länge, 1 mm² Querschnitt bei 0° C.

1 Daniell (D) = elektro-motorische Kraft eines Daniell-Elements = 1,1—1,2 Volt (eines Bunsen = 1,8 Volt, einer Akkumulatorzelle = 2 Volt).

1 Volt (V)		giebt in 1 Ohm den Strom von 1 Ampère = 0,9 eines (guten) Daniell.
1 Ampère (A)	=	Stromintensität = J = $\frac{E}{W}$ gleich dem Strom, den 1 Volt in 1 Ohm hervorbringt = $\frac{\text{Volt}}{\text{Ohm}} = \frac{1\ V}{1\ \Omega}$
	=	0,33 mg Kupfer oder elektrochemisch äquivalente Mengen pro Sekunde niederschlagend.
	=	Sekunden Arbeit von 10^7 Ergs, äquivalent mit 0,24 Gramm-Kalorien.
1 Milli-Ampère	=	$\frac{1\ \text{Volt}}{1000\ \text{Ohm}}$.
1 Watt = W = V . A		ist gleich dem Produkt 1 V . 1 A, d. h. gleich der Arbeit, welche ein Strom von 1 A Stärke bei 1 V Spannung in der Sekunde leistet. Ein Watt bezeichnet also die Einheit des Stromeffekts.

736 Watt sind (theoretisch) = 1 Pferdekraft = 1 HP = 75 Kilogramm $\times$ 1 Meter in 1 Sekunde.

Spezifischer Widerstand für den elektrischen Strom.

Quecksilber	1
Silber	0,017
Kupfer	0,018
Zink	0,057
Platin	0,092
Eisen	0,099
Gaskohle	43
käufliche Salpetersäure	18 000
Schwefelsäure (spec. Gewicht 1,84)	47 000
Zinkvitriollösung	288 000
Kupfervitriollösung	306 000
Muskel (Längswiderstand) vom Frosch	2 300 000
Nerv (Längswiderstand)	2 500 000
(Querwiderstand)	12 500 000
Reines Wasser	120 000 000

Widerstand des menschlichen Körpers.

	faradisch Elektrode = 25 cm²	galvanisch Elektrode = 12,5 cm²
Hohlhand	784 Ohm	41 300 S. E.
Handrücken	595	304 000
Unterarm (Streckseite)	705	375 000
Unterschenkel	462	331 000
Fussrücken	941	236 000
Fusssohle	1400	23 000

Nach Entfernung der Haut leitet der menschliche Körper 10—20 mal besser als destilliertes Wasser.

Daten für den Gebrauch des Du-Bois-Reymond'schen Schlitteninduktoriums. [1]

Ein Schlitteninduktorium von der in den Laboratorien üblichen Grösse hat folgende Dimensionen:

Primäre Drahtrolle 500 Windungen mit Gesamtwiderstand von 1 Ohm,
Sekundäre „ 5000 „ „ „ „ 300 „
Der Eisenkern enthält 240 Drahtstücke weichen Eisens à 1 gr
(Ein solider Eisenkern entsprechender Grösse wiegt 400 gr.)

Für ein solches Induktorium wurden galvanometrisch die Stromstärken der Induktionsschläge bei verschiedenen Rollenabständen bestimmt, und es ergab sich folgende

a. Integral-Skala der Stromstärken:

Abstand des Anfangs der sekundären Rolle vom Anfang der primären in mm	Stromstärken	
0[2])	1 durch	1
38	„	2
58	„	4
73	„	8
90	„	16
110	„	32
135	„	64
165	„	128
205	„	256
250	„	512
320	„	1024
420	„	2048
560	„	4096

---

[1]) Diese bisher noch nicht veröffentlichten Angaben beruhen auf Untersuchungen von Herrn Dr. Cowl. Er hatte die Güte, mir dieselben für den vorliegenden Zweck zur Verfügung zu stellen.

[2]) also bei ganz übereinandergeschobenen Rollen; die Stromstärke hierbei ist als Einheit gesetzt.

b. Vergleichung des Öffnungs- (O) und Schliessungs- (S) Induktionsschlages, physiologisch bestimmt.

O mit Eisenkern ist 8 mal stärker als S mit Eisenkern,
„ ohne „ „ 3 „ „ „ „ ohne „
O mit Eisenkern ist 5 mal stärker als O ohne Eisenkern,
S „ „ „ 2 mal „ „ S „ „

Muskelkraft.

Es wurde berechnet pro cm^2

	k
Wadenmuskeln	4
Fussstrecker (Tibialis anticus)	5,9
Armbeuger rechts	8,991
Armbeuger links	7,38

Arbeitsleistung eines Menschen.

Sekundenleistung c. 7 m. k. ($^1/_{10}$ Pferdekraft)

Die Leistung eines gesunden Arbeiters bei 10 stündiger Arbeitszeit wird veranschlagt zu rund 300000 m. k.

Vergleichende Angaben über Zugkräfte für den Menschen und einige Nutztiere.

	Gewicht k	mittlere Kraft k	mittlere Geschwindigkeit m	mittlere Arbeitszeit Stunden	Leistung p. Sekunde m. k.	tägliche Leistung m. k.
Mensch	70	14	0,785	8	11	316 800
Esel	180	35	0,785	8	27,5	792 000
Ochs	300	56	0,785	8	44	1 267 200
Pferd	375	56	1,25	8	70	2 016 000

Blut und Lymphe.

Blutverteilung in den einzelnen Organen.

Es lässt sich rechnen	von der gesamten Blutmenge
für Herz, Lunge, grosse Blutgefässe	$^1/_4$
„ die Leber	$^1/_4$
„ die ruhenden Muskeln	$^1/_4$
„ die übrigen Organe	$^1/_4$

Analyse des Gesamtbluts.

auf 1000 Teile	25j. Mann	30j. Frau
Wasser	788,7	824,5
Feste Stoffe	211,3	175,4

auf 1000 Teile	25 j. Mann	30 j. Frau
Albumin- und Extraktivstoffe	191,8	157,9
Fibrin	3,9	1,9
Hämatin	7,2	6,5
Salze	7,9	8,6
und zwar:		
Chlornatrium	2,7	3,4
Chlorkalium	2,1	1,6
Schwefelsaures Kalium	0,2	0,2
Phosphorsaure Salze als Kalium, Natrium, Calcium, Magnesium	2,0	1,5

Grösse der roten Blutkörperchen bei verschiedenen Tieren.

I. Kreisscheibenförmige	Grösster Durchmesser in μ[1])
Moschus jav.	2,5
Ziege (alt)	4,1
Schaf	5,0
Katze	6,5
Kaninchen	6,9
Hund	7,3
Mensch	7,8
Petromyzon mari	15,0

II. Elliptische, a) langer Durchmesser, b) kurzer Durchmesser in μ

	a)	b)
Lama	8,0	4,0
Huhn	12,1	7,2
Taube	12,6	7,8
Ente	12,9	8,0
Rana temp.	22,3	15,7
Triton crist.	29,3	19,5
Proteus ang.	58,0	34,0
Amphiuma tridactylum	78,0	45,0

Ein rotes Blutkörperchen des Menschen hat 0,000000072 cbmm ($72\mu^3$) Volumen, 0,000128 qmm ($128\mu^2$) Oberfläche und 0,0000798 Milligr. Gewicht.

Gesamtzahl der Blutkörperchen

in 4500 cm³ Blut.

bei 5000000 roten } pro
„ 6000 farblosen } 1 mm³

22½ Billionen rote,

27 Milliarden farblose.

---

[1]) 1 μ = 0,001 mm.

Hämoglobingehalt.

Bei Männern 13,77 %, bei Weibern 12,59 %, bei Schwangeren 9—12 %.
Bei Tieren: Hund 9,7 %; Rind 9,9 %; Schaf 10,3 %; Pferd 13,1 %; Vögel 16—17 %.

Analyse der (nüchternen) Lymphe.

	%		%
Fixa	3,7—5,5	Zucker	c. 0,01
Ätherextrakt (Fett, Lecithin, Cholestearin) 5 Stunden nach Fettnahrung vermehrt bis auf ca. 5 %.	0,06—0,13	(nach Kohlehydratnahrung erscheinen 1 % davon in der Lymphe als Zucker)	
		Stickstoffhaltige Extraktivstoffe	0,05—0,07
		Salze	0,8—0,9

Lymphkörperchen (des Hundes)
8200 pro 1 mm³.

Vergleichung zwischen Blut, Lymphe, Chylus.

In 1000 Teilen Plasma von

	Blut	Lymphe	Chylus
Wasser	901,50	957,61	958,50
Faserstoff	8,06	2,18	1,27
Eiweiss	81,92	32,02	30,85
Salz	8,51	7,36	7,55
Kochsalz	5,546	5,65	5,95
Natron	1,532	1,30	1,17

Atmung.

Brustumfang (in cm).

Exspirationsumfang,
Arme wagrecht, unter den Brustwarzen und dicht unter dem Schulterblattwinkel,
Mittel für Männer 82, für Weiber 76
Inspirationsumfang „ „ „ 86--95.

Brustspielraum (Unterschied zwischen tiefster Aus- und Einatmung) Mittel 8.

Breite des Thorax (Costal- oder Querdurchmesser),
Männer 25—26 Weiber 23—24
Neugeborene in Ruhestellung,
4 cm unter der Achselhöhle 9,8.

Atmungsluft (Respirationsluft).

Bei ruhiger Atmung mit jedem Atemzug 500 cm^3, pro Minute 6000 cm^3, pro Stunde 360000 cm^3, pro 24 Stunden 8640000 cm^3.

Sie wird gesteigert pro Minute

		um
durch Mittagsmahlzeit	ca.	680 cm^3
„ Körperbewegung (als Nachwirkung)	ca.	300 „
„ Abnahme der Aussentemperatur um 1° C.	ca.	60 „

Sie wird verringert durch Anfüllung des Magens.

Vitalcapacität und Körperlänge.

Körperlänge cm	Vitalcapacität cm^3	Differenz
154,5—157	2635	
		206
157 —159,5	2841	
		141
159,5—162	2982	
		185
162 —164,5	3167	
		120
164,5—167	3287	
		197
167 —169,5	3484	
		76
169,5—172	3560	
		74
172 —174,5	3634	
		208
174,5—177	3842	
		42
177 —179,5	3884	
		150
179,5—182	4034	
		420
182	4454	
Durchschnitt	3484	für je $2^1/_2$ cm Länge 111 cm^3

auf 1 cm Differenz in der Körpergrösse kommt somit ein durchschnittliches Mehr von 44 cm^3 Ausatmungsluft.

Für 20—40 Jahre kommt nach einer anderen Berechnung pro 1 cm Körperlänge

bei Männern 22—24 cm^3 }
„ Weibern 16—17,5 „ } Differenz 6—6,5 cm^3.

Der Ziemssen'sche Quotient $\left(\frac{\text{Vitalcapacität}}{\text{Körperhöhe}}\right)$ verlangt für eine gesunde Lunge bei Männern 18, bei Weibern über 12.

Brustumfang: für je $2^1/_2$ cm Brustumfang Zunahme um 150 cm^3.

Absorbierter Sauerstoff pro Minute.

	Weg m	Steigarbeit kg	Sauerstoff-verbrauch cm^3	Respirat. Quotient
ruhiges Stehen			263,75	0,801
fast horizontaler Gang	74,48	32,27	763,0	0,805
Gehen bergauf	67.42	403,72	1253,0	0,799

Sauerstoffaufnahme und Kohlensäureausscheidung in Gramm pro 24 Std. in verschiedenen Lebensaltern.

Jahre	Sauerstoff-aufnahme	Kohlensäure-ausscheidung	= Kohle gr
8	375	443	121
15	652	766	209
16	809	950	259
18—20	854	1003	274
20—40	914	1074	293
40—60	757	889	242
60—80	689	810	221

Einfluss der Atembewegungen auf die Kohlensäure-ausscheidung.

Zahl der Atemzüge pro Minute	Volum (cm^3) der Atemluft pro Minute	Volum (cm^3) der Kohlensäure pro Minute	% Gehalt an Kohlensäure (dem Volumen nach)
12 (Norm)	6000	258	4,3
24	12000	420	3,5
48	24000	744	3,1
96	48000	1392	2,9

Temperatur der ein- und ausgeatmeten Luft in C°.

Einatmungsluft	Ausatmungsluft
— 6,3	+ 29,8
+ 17—19	+ 36,2—37
+ 44	+ 38,5

Herz.

Einige Dimensionen des Herzens.

Höhe des linken Ventrikels	9,5 cm
Muskeldicke des linken Ventrikels	1,6 „
Höhe des rechten Ventrikels	9,4 „
Muskeldicke des rechten Ventrikels	0,5 „

Höhe des Herzens (linker Ventrikel) zur Körperhöhe (157)	1 : 16,5
Muskelmasse des rechten Ventrikels zu der des linken	ca. 1 : 2
Volumen des Herzens	268 cm^3

Auf 100 cm Körperlänge ergeben sich 150—190 cm^3 Volumen Herz.

Ganz allgemein vergleicht man die Grösse des Herzens mit der Faust des betreffenden Individuums.

Kreislauf.

Durchmesser einiger Gefässe in mm.

Grösster Durchmesser des linken Ventrikels unterhalb der Basis	67	
Durchmesser des rechten Ventrikels an der Basis	88	
Aorta ascendens	32	(Wanddicke 1,6; Querschn. 5 cm^2)
„ descendens unten	17	
Art pulmonalis	28	(Wanddicke 1,1)
„ hepatica	5,6	
„ renalis	6	
„ anonyma	14	
„ carotis communis	9	
„ „ interna	6	
„ axillaris	9	
„ brachialis	7	
„ iliaca ext.	9,6	
„ cruralis	9	
V. cava sup.	23	
V. „ inf.	34	
V. jugularis com.	11—12	
V. „ ext.	5—6	
V. cruralis	12	

Der Durchmesser eines Kapillargefässes ist c. 0,009 mm.

Der Querschnitt sämtlicher Körperkapillaren = c. 3500 cm^2, also 600 mal grösser als der der Aorta ascendens.

Pulsfrequenz.

a) Geschlecht.

Der normale erwachsene Mann hat 71—72 Pulsschläge in einer Minute, das Weib gegen 80.

b) Alter.

	Schläge in der Minute männlich	weiblich
Neugeborener	130—140	
1 Jahr	120—130	
2 „	110	
3 „	105	
4 „	100	
5 „	98	
10 „	83	88
10—15 „	76	94
15—20 „	78	82
21—28 „	73	80
28 - 35 „	70	78
35—42 „	68	78
42—49 „	70	77
49—56 „	67	76
56—63 „	68	77
63—70 „	70	78
70—77 „	67	81
77—84 „	71	82

c) Körperlänge.

mittlere Körpergrösse (cm)	Pulsfrequenz pro Minute
unter 50	151,5
50—60	139,8
60—70	126,6
70—80	116,5
80—90	110.9
90—100	106,6
100—110	101,5
110—120	93,6
120—130	92,2
130—140	87,7
140—150	85,1
150—160	77,8

mittlere Körpergrösse (cm)	Pulsfrequenz pro Minute
160—170	73,2
170—180	71,9
180—190	72,5
190—200	73,4
über 200	71,2

d) Nahrungsaufnahme.

Durch die Mittagsmahlzeit resp. die „Verdauung" Steigerung um 8—20 Schläge.

Mittagsmahlzeit ohne Wein um 13,1
„ mit „ „ 17,5

e) Tageszeit.

Morgens ist der Puls um etwa 10 Schläge frequenter als abends.

Mechanische Arbeit des Herzens.

Bei jeder Systole

für den linken Ventrikel = 0,085 × 2 = 0,17 Kgm[1])
„ „ rechten „ = $^2/_5$ des linken = 0,06 „

In 24 Stunden

für den linken Ventrikel = 18 360 Kgm
„ „ rechten „ = 3 672 „
für das ganze Herz also 22 032 „

Tierische Wärme.

Spezifische Wärme.

	Wasser = 1.
Blei	0,0314
Quecksilber	0,0319
Platin	0,0324
Zinn	0,0562
Silber	0,0570
Messing	0,0939
Kupfer	0,0951
Zink	0,0955
Eisen	0,1138
Glas	0,1937
spongiöser Knochen	0,71

[1]) S. 100 steht infolge eines Druckfehlers Zeile 12 v. u. 0,87 Kgm statt 0,17 Kgm.

	Wasser = 1
Fettgewebe	0,712
quergestreifter Muskel	0,825
venöses Blut	0,892
arterielles Blut	1,031
als Mittel für den Gesammtkörper	0,83

Körpertemperatur bei verschiedenen Tieren in C⁰.

Schwalbe	44,3			
Möwe	37,8			
Mensch	37,2			
Delphin	35,5			
Maus	41,1			
Bienen im Bienenstock	30—32			
beim Schwärmen	40			
Riesenschlange	10—12			
Amphibien und Fische	0,5—4⁰	über	die	Umgebungstemperatur.
Mollusken	0,46⁰	"	"	"
Medusen	0,27⁰	"	"	"
Polypen	0,21⁰	"	"	"

Körpertemperatur des Menschen in C⁰.

a. in verschiedenem Lebensalter.

Alter	Mitteltemperatur bei Zimmerwärme	Ort der Messung
Neugeborener	37,45	Mastdarm
5— 9 Jahre	37,2	Mund und Mastdarm
15—20 "	37,37	Achselhöhle
21—30 "	37,22	"
25—30 "	36,91	"
31—40 "	37,1	"
41—50 "	36,87	"
51--60 "	36,83	"
80 "	37,46	Mundhöhle

Im Verlauf der beiden ersten Lebensstunden erfolgt ein Sinken der Temperatur um c. 1,70 im Durchschnitt auf 35,84, ein Maximum von 37,59 zwischen 30.—36. Stunde.

b. in verschiedenen Tagesstunden.

I.: 42j. Mann, c. 60 k Gewicht, 165 cm Körperlänge.

II.: 41j. Mann, c. 71 k Gewicht, 173 cm Körperlänge.

Nahrungsaufnahme morgens gegen 7 h,
mittags zwischen 12 und 1 h,
nachmittags " 3 " 4 h,
abends " 6 " 7 h,

Stunde:	I	II
6— 7	36,7	36,5
7— 8	36,8	36,7
8— 9	36,9	36,8
9—10	37,0	37,0
10—11	37,2	37,2
11—12	37,3	37,3
12— 1	37,3	37,3
1— 2	37,4	37,4
2— 3	37,4	37,3
3— 4	37,4	37,3
4— 5	37,5	37,5
5— 6	37,5	37,6

Temperatur an verschiedenen Körperstellen bei 20° C Zimmerwärme.

a) Haut.

Stirne	34,1 – 34,4
Jochbogen	34,4
Ohrläppchen	28,8
Nasenspitze	24,0
Handrücken	32,5—33,2
Vola manus geschlossen	34,8—35,1
Vorderarm	33,7
Oberarm	34,3
Oberschenkel	34,2
Wade	33,6

b) Körperhöhlen.

Uterus	37,77—38,28
Scheide	37,55—38,05
Rectum	37,5—38,0
äusserer Gehörgang	37,3—37,8
Mundhöhle	37,2

c) auf der Kleidung
bei 17,5° C Zimmerwärme

auf dem Rock	22,3
„ der Weste	24,2
„ dem Leinenhemd	28,2

Herkunft der erzeugten Wärme

für einen Mann bei leichter Arbeit und bei Aufnahme von 671 g organischer Substanzen für den Tag.

Von 100 g verzehrter Substanz sind			Von 100 erzeugten Wärmeeinheiten stammen von		
Eiweiss	Fett	Kohlehydrate	Eiweiss	Fett	Kohlehydraten
18,4	7,9	73,7	16,7	16,3	66,9

Verbrennungswärme verschiedener Stoffe.

	für 1 gr Substanz Kilokalorien
Wasserstoff	34,462
Kohlenstoff	8,08
Aethylalkohol	7,148
Palmitin	8,883
Stearin	9,036
Olein	8,958
Harnstoff	2,200
Harnsäure	2,615
Käse	4,647
Kartoffel	1,013
Hafermehl	4,004
Reis	3,813
Brotkrume	2,231
Brotkruste	4,458
Rindfleisch (mager)	1,567
Schinken	1,980
Milch	0,662
Kakao	6,873
Butter	7,264
Leberthran	9,107
Rohrzucker	3,348
Stout-Bier	1,076

Nahrungsmittel.

Nährgeldwert der Nahrungsmittel.

Für 1 Mark erhält man Nährwerteinheiten:

A. Animalische Nahrungsmittel.

Schellfisch getrocknet	3153	geräucherter Schinken	774
Leber vom Kalb	2916	Bücklinge	771
Kuhmilch	2247	Blutwurst	741
Magerkäse	1987	Kalbfleisch (mager)	622
Speck (gesalzen)	1839	Eier	586
Lunge vom Ochsen	1736	Gänsebrust (pommersche)	564
Schweineschmalz	1658	Ente (wilde)	521
Hering (Pökel)	1396	Haushuhn (fett)	507
Schweinefleisch (fett)	1200	Sprotten (Kieler)	478
Fettkäse	1152	Hecht	471
Kuhbutter	1120	Lachs oder Salm (frisch)	365
Leberwurst	1031	Lachs (geräuchert)	285
Schweinefleisch (mager)	882	Seezunge	226
geräucherte Zunge vom		Kaviar (Astrachan)	203
Ochsen	787	Austern	18,4

B. Vegetabilische Nahrungsmittel.

Erbsen	5803	Nudeln (Maccaroni)	1535
Pumpernickel	5475	Weisskraut	1492
Linsen	5231	Rohrzucker	1320
Roggenmehl	5146	Spinat	1074
Kartoffeln	4902	Obst (getrocknet)	783
Weizenmehl (gröberes)	4864	Teltower Rübchen	419
Roggenbrot	4506	Rosenkohl	397
Weizenmehl (feines)	3507	Biskuits (englische)	347
Hafermehl (Grütze)	3166	Champignon (frisch)	227
Graupen	3050	Spargel	82,2
Weizenbrot (feines)	2221	Blumenkohl	56,2
Kochreis	1913		

Kostmaass

pro Körperkilogramm in den verschiedenen Lebensjahren

Alter	Eiweiss	Fett	Kohlehydrate
2—6 Jahr	3,7 g	3,0 g	10,0 g
7—15 „	2,8 „	1,5 „	9,0 „
Erwachsener	1,6 „	0,8 „	8 „

Das Kostmaass ist also im Kindesalter grösser als beim Erwachsenen, weil erstens der wachsende Organismus zu seinem Aufbau relativ mehr Nährstoffe bedarf, zweitens der Stoffwechsel

im Kindesalter ein grösserer ist, da die Wärmeproduktion wegen der grösseren Oberfläche im Verhältniss zur Masse eine grössere ist.

Für den Soldaten wird gerechnet:

	Eiweiss	Fett	Kohlehydrate
in der Garnison	120	56	500
im Manöver	135	80	500
im Feld	145	100	500
Grobes Mittel	**135**	**71**	**462**

Tagesbedarf für einzelne Nahrungsmittel (in g).

Nimmt man für einen Arbeiter im Mittel an 118 gr Eiweiss und 500 g Kohlehydrate, so müsste er verzehren:

	um den Eiweissbedarf zu decken		Ordnungszahl beim Eiweiss.	um den Bedarf an Kohlehydraten zu decken.
1) Käse	272	1) Speck	9	450
2) Erbsen	520	2) Weizenmehl	3	824
3) Weizenmehl	796	3) Reis	6	896
4) 18 Eier	905	4) Erbsen	2	919
5) Schwarzbrot	1430	5) Käse	1	1160
6) Reis	1868	6) Schwarzbrot	5	1346
7) Milch	2905	7) 43 Eier	4	2236
8) Kartoffeln	4575	8) Kartoffeln	8	3124
9) Speck	4796	9) Milch	7	4652
10) weisse Rüben	8714	10) weisse Rüben	10	10650
11) Bier	17000	11) Bier	11	13160

Beispiel einer Tagesration.

	Eiweiss	Fett	Kohlehydrate
750 g Brot = 470 g Roggenmehl	62	—	331
212 g Fleisch	42	23	—
33 g Fett zum Kochen	—	33	—
200 g Reis oder entsprechend Gemüse	12	—	154
Summa	119	56	485

Häufigkeit und Dauer der Mahlzeiten beim Säugling.

Am 1. Lebenstag saugen

44 % aller Neugeborenen von Erstgebärenden
und 10 % der „ „ Mehrgebärenden
gar nicht.

„ 2. Lebenstag saugen sie 6 mal

Am 3., 4., 5. Lebenstag saugen sie 8 mal
„ 6.—11. „ „ „ 9 mal
Dauer der Einzelmahlzeit 6—35 Minuten.

Menge der vom Säugling aufgenommenen Milch.

Woche	Körpergewicht (Ende der Woche) g	mittlere tägliche Menge cm³
1		254
2		334
3		449
4	3620	550
6	4055	818
8	4400	899
10	4790	939
12	5170	907
15	5835	976
20	6975	996
25	7850	1058
30	8580	753

Verdauung.

Dentition.

Erste Dentition.

Bezeichnung der Zähne	Monat
untere innere Schneidezähne	3—10
obere innere Schneidezähne	9—16
obere äussere Schneidezähne	10—16
untere äussere Schneidezähne	13—17
vordere Backenzähne	16—21
Eckzähne	16—25
hintere Backenzähne	23—36

Zweite Dentition.

Bezeichnung der Zähne	Jahr
erste Mahlzähne	7
innere Schneidezähne	8
äussere „	9
vordere Backenzähne	10
Eckzähne	11—13
hintere Backenzähne	11—15
zweite Mahlzähne	13—16
dritte Mahlzähne	18—30

Speichel.

Analyse in 1000 Teilen

Wasser	994,197
Feste Stoffe	5,803
(Lösl.) organische Stoffe	3,596
Anorganische Salze	1,873

In 24 Stunden werden etwa 0,13 g Rhodankalium ausgeschieden.

Kapacität des Magens in cm^3.

für den Erwachsenen an der Leiche im Mittel	3300
am Lebenden „ „	2500
für das Kind am Ende des ersten Jahres	400

Magensaft.

Analyse eines (speichelhaltigen) menschlichen Magensaftes in 1000 Teilen:

Wasser	994,404
Organische Stoffe, bes. Ferment etc.	3,195 (Pepsin 3)
Freie Salzsäure	0,200
Chlornatrium	1,465
Chlorkalium	0,550
Chlorcalcium	0,061
Phosphate	0,125

In einer Stunde werden etwa 580 g abgesondert.

Zeit der Magenverdauung einiger Nahrungsmittel nach Beobachtungen an einem Mann mit einer Magenfistel.

Reis	1	Stunde		
Schweinefüsse	1	„		
Forelle und Lachs	1	„	30	Minuten
Milch gekocht	2	Stunden		
Ochsenleber gebraten	2	„		
rohe Eier	2	„		
Milch ungekocht	2	„	15	„
gesottene Bohnen	2	„	30	„
Kartoffeln geröstet	2	„	30	„
Austern	2	„	50	„
Ei leicht gekocht	3	„		
Beefsteak	3	„		

Weizenbrot	3	„		
Harte Eier	3	„	30	„
Kartoffeln gekocht	3	„	30	„
Hammelfleisch	3	„	45	„
Schweinefleisch geröstet	3	„	50	„
Zahmes Geflügel gekocht	4	„		
Kalbfleisch gebraten	4	„		
Rindfleisch gebraten	4	„		
Pökelfleisch	4	„	15	„
Wilde Ente gebraten	4	„	30	„

Pankreatischer Saft.

Analyse vom Pankreassaft des Hundes aus einer Dauerfistel.

Wasser	980,45
Feste Stoffe	19,55
darin	
Organische Substanzen	12,71
Asche	6,84

Spezif. Gewicht 1,010—1,011
tägl. Menge etwa 200—350.

Galle.

Analyse von Menschengalle

Wasser	859,2
feste Stoffe	140,8
gallensaure Alkalien	91,4
Fett	9,2
Cholestearin	2,6
Schleim und Farbstoff	29,8
Mineralisches	7,7

Darmsaft.

Analyse

Wasser	975,861
Eiweiss	8,013
andere organische Stoffe	7,337
Salze	8,789

Menge: auf 30 cm² Darmfläche wurden pro Stunde im Maximum 4 g erhalten.

Harn und Schweiss.

Analyse des 24stündigen Harns.

	in 24 Stunden	%
Harnmenge	1500 cm³	
spez. Gew.	1020	
Wasser	1440 g	96
feste Stoffe	60	4
Harnstoff	35	2,33
Harnsäure	0,75	0,05
Chlornatrium	16,5	1,10
Phosphorsäure	3,5	0,23
Schwefelsäure	2,0	0,13
Gesamtmenge der Erdphosphate	1,2	0,08
Ammoniak	0,65	0,04
freie Säure	3	0,2

Gang der täglichen Harnstoffausscheidung.

Student, 22 Jahre alt, 82,5 k schwer, bei ca. 21 g Stickstoffzufuhr.

	Harnmenge	Harnstoff	
		absolut	% der Tagesmenge
vormittags 7—1	386	11,42	28,9
nachmittags 1—7	348	8,63	21,9
Nacht erste Hälfte	492	10,90	27,6
zweite Hälfte	489	8,50	21,6
in 24 Stunden	1715	39,45	100

Harnstoffausscheidung in den ersten Lebensjahren.

Alter	mittlerer 24stündiger Harnstoff g
2	12,1
3	12,99
5	14,47
10	15,26
15	18,96

24stündige Zufuhr und Ausscheidung von Chlornatrium.

Mann 25 J., 65 k.

Aufgenommen	Ausgeschieden	Ausscheidung in % der Zufuhr
33,6	25,7	76
28,7	22,0	79
23,9	17,4	72
19,0	17,0	89
14,2	13,6	96
9,3	9,8	106
1,5	3,8	246

Schweiss.

Analyse in 1000 Teilen:

Wasser	999,573
feste Stoffe	4,427
Extraktivstoffe	0,005
Harnstoff	0,044
Chlornatrium	2,230
Chlorkalium	0,024

Physiologie der Zentralorgane.

Kopfmaasse.

	Männer cm	Weiber cm
Horizontalumfang	55	53
Länge zwischen Glabella und Protuberantia occipit. ext.	21	19
Breite zwischen den Jochbogen	15	14

Als Wachstumsnorm kann gelten bei 33 cm Horizontalumfang des Kopfes der Neugeborenen

am Ende des 21. Monats	46 cm
am Ende des 171. Monats (12½ Jahr)	49,5 „
am Ende des 300. Monats (25 Jahr)	52,25 „

Hirngewichte verschiedener Nationen (g).

Deutsche	Engländer	Franzosen	Litauer	Schotten	Hindus
1424	1422	1322—1333	1319	1309	1006—1176.

Bei den Europäern Gesamtmittel für Männer **1358**, für Weiber 1235, Differenz **123**.

Oberfläche des Gehirns.

	Gewicht des frischen Gehirns g	Oberfläche in cm² insgesamt	freiliegend	in den Furchen verborgen
Kliniker Fuchs	1499	2210	721	1489
Mathematiker Gauss	1492	2196	726	1470
ein Handarbeiter	1273	1873	628	1249
29 jährige Frau	1185	2041	689	1352

Hirngewichte berühmter Männer.

	g	Alter
Cuvier	1861	63
Byron	1807	36
Schiller [1]	1580	45
Dirichlet	1520	54
Fuchs	1499	52
Gauss	1492	78
Dupuytren	1437	58
Dante [1]	1420	56
Hermann	1358	51
Hausmann	1226	77

Lehre von den Bewegungen.

Zeitliche Verhältnisse beim Gehen mit verschiedener Geschwindigkeit.

a) Mittelwerte.

Schrittzahl	Zeit für 43,43 m Weg Sek.	Schrittdauer Sek.	Schrittlänge cm	Geschwindigkeit pro Sekunde m
51	18,12	0,335	85,1	2,397
54	22,55	0,417	80,4	1,928
57	28,90	0,507	76,2	1,503
60	33,70	0,562	72,4	1,288
65	39,27	0,604	66,8	1,106
69	46,07	0,668	62,9	0,942
76	57,72	0,760	57,2	0,753
80	68,78	0,860	54,3	0,631
97	93,67	0,966	44,8	0,464
109	114,40	1,050	39,8	0,379

[1]) Aus der Schädelkapacität berechnet.

b) Marschgeschwindigkeit in der deutschen und österreichischen Armee.

	Schrittlänge cm	Schrittzahl p. Minute	Weg p. Stunde km
Deutschland			
naturgemässer Schritt	76,128	113	5,16
Vorschrift des Exercierreglements	80	112	5,37
Österreich			
gewöhnlicher Schritt	75,86	110	5,01

durchschnittliche tägliche Marschleistung		22,5	km
maximale Marschleistung:	für 1 Tag	50	„
	„ 2 Tage	70	„

Alphabetisches Register.



Medicinischer Verlag von S. KARGER in Berlin.

Medicinischer Verlag von S. Karger in Berlin NW. 6.